

Elektrotechnik und Maschinenbau

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK

SCHRIFTFLEITER: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

77. Jahrgang

Wien, 1. Juni 1960

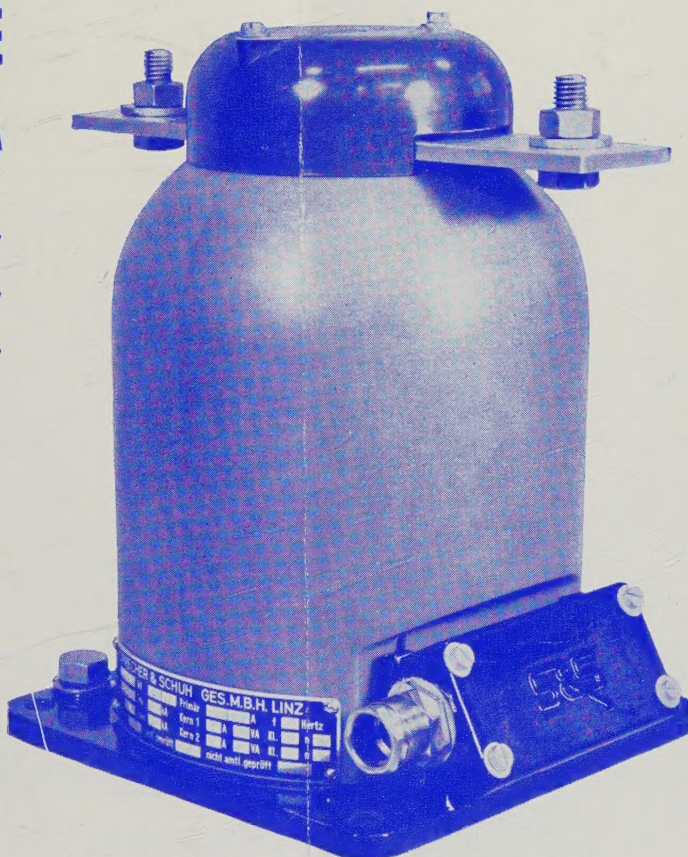
Heft 11, Seite 253—276

TROCKENSTROMWANDLER

FÜR NENNSTRÖME VON 5 BIS 800 A

Ein- oder Zweikernausführung
TYPE WI 104 für 10 kV
TYPE WI 106 für 20 kV
TYPE WI 207 für 30 kV

- Hohe dielektrische und mechanische Festigkeit
- Niedrige Bauhöhe
- Montagemöglichkeit in jeder Lage
- Beständigkeit gegen chemische Einflüsse
- Unbrennbarkeit
- Weitestgehende Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse und Bruchgefahr



SPRECHER

S&S
& SCHUH

FABRIK ELEKTRISCHER APPARATE

SPRECHER & SCHUH

GESELLSCHAFT M. B. H., LINZ, FRANCKSTR. 51



DIE WIRTSCHAFTLICHE RUNDSTEUERUNG PULSADIS-DANUBIA MIT 175 HERTZ

ZENTRALE STEUERUNG DER LASTVERTEILUNG •
AUSGLEICH VON BELASTUNGSSCHWANKUNGEN •
TARIFUMSCHALTUNG VON ZÄHLERN • FERN-
SCHALTUNG VON NACHTSTROMVERBRAUCHERN •
KEINE VERDROSSELUNG VON PHASENSCHIEBER-
KONDENSATOREN

DANUBIA A.G.

XIX., KROTTENBACHSTRASSE 82-88 · FERNRUF B-11-506
TELEGRAMM-ADRESSE: DANUBIAZÄHLER WIEN

KORY WERBUNG-B



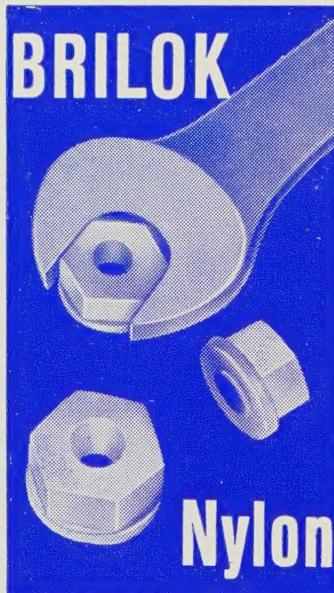
Elektrizität für Beleuchtung,
Elektrizität für das Bügeln,
Elektrizität für das Saugen,
Elektrizität für das Radio . . .
warum nicht auch für das Kochen?

Besuchen Sie die neugestaltete Beratungsstelle
der

Wiener Stadtwerke Elektrizitätswerke

VI, Mariahilferstraße 41, Telephon: 57 64 61

Geöffnet: Montag bis Freitag 8 bis 18 Uhr
Samstag 8 bis 12 Uhr



leicht
säurefest
korrosionsfest
kraftschlüssig
selbst-
schneidend
wieder-
verwendbar

Patent
angemeldet

Sechskantmuttern

Neu in Österreich

Verlangen Sie Angebot!

Gebrüder Groh

Eisen- und Eisenwarengroßhandel
Wien I, Kärntnerstraße 11 Tel. 521535 Serie

Gesetzmäßigkeiten und Ursachen der Schwingungen in Kondensatoren bei Stoßentladungen und hochfrequenten Strömen

Von H. STEPHANIDES, Zürich-Altstetten

DK 621.319.4.029 : 621.3.015.3 : 621.37

In vielen Fällen werden während extrem kurzer Zeiten der Größenordnung von 10^{-6} s sehr große Energiemengen benötigt, um verschiedene Versuche und Prüfungen durchführen zu können. Meist werden diese Energien aus Kondensatorbatterien entnommen, da diese am besten die aufgespeicherte Leistung innerhalb extrem kurzer Zeit abgeben können, wenn sie in richtiger Weise aufgebaut und dimensioniert sind. Die Geschwindigkeit der Energieabgabe ist dabei meist durch die Induktivität des Entladekreises bestimmt, während der ohmsche Widerstand fast immer in einer Größenordnung gehalten werden kann, in der er nur mehr zu Sekundäreinflüssen führt und nicht mehr in wesentlicher Weise den Entladevorgang bestimmt. Es ist deshalb äußerst wichtig, die Gesamtinduktivität auf einem möglichst kleinen Wert zu halten, da bei vielen Anwendungen andernfalls nicht die erforderliche Stromstärke erreicht werden kann, die benötigt wird, um dem Prüfobjekt in kürzester Zeit die erforderliche Energiemenge zuzuführen. Bereits sehr kleine Zusatzinduktivitäten von einigen μH können dabei das Erreichen des gewünschten Zieles unmöglich machen. Dagegen hat die ohmsche Dämpfung auf die Energieabgabe in den meisten Fällen wenig Einfluß, da sie in erster Linie die Amplituden der späteren Maxima reduziert, während das erste Strommaximum, das meist in erster Linie von Interesse ist, noch wenig beeinflusst wird.

Eine besondere Aktualität hat die Verwendung derartiger Kondensatorbatterien in der letzten Zeit im Zusammenhang mit der Fusionsforschung erhalten. Um eine kontrollierte Fusion von leichten Atomkernen in ausreichender Reaktionsdichte zu erreichen, ist es beispielsweise für die DD-Reaktion notwendig, bei einer Teilchendichte von $10^{15} \dots 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ örtlich Temperaturen von 10^9 °K zu erzeugen. Dies ist nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung nur möglich, wenn einem vollständig ionisierten Plasma plötzlich eine genügend große Energiemenge zugeführt wird. Für die Durchführung einer großen Anzahl derartiger Versuche wird während einer Zeit der Größenordnung von 10^{-6} s eine extrem hohe Stromstärke benötigt, die sich mit tragbarem Aufwand nur durch Entladung einer Kondensatorbatterie über extrem kleine Induktivitäten realisieren läßt.

Von größter Wichtigkeit ist bei der Disposition derartiger Batterien die Lebensdauer der einzelnen Kondensatoreinheiten. Umfangreiche Versuche an Kondensatoren mit ölgetränktem Papierdielektrikum haben gezeigt, daß die Lebensdauer sehr stark von der Form der Entladungsschwingung abhängt, wobei mit sinkendem Dämpfungsfaktor die Anzahl der bis zum Eintreten eines Defektes zulässigen Stoßentladungen rapid abnimmt.

Auch die Frequenz der Entladeschwingung hat einen wesentlichen Einfluß auf die Lebensdauer, die bei gleichbleibendem Dämpfungsfaktor mit steigender Frequenz abnimmt.

Diese Abhängigkeiten können so stark in Erscheinung treten, daß bei verschiedenen Entladungsbedingungen die für das Erreichen einer bestimmten Lebensdauer zulässigen Beanspruchungen im Verhältnis 1:2 schwanken können, was einem Verhältnis der gespeicherten Energien von 1:4 entspricht.

Es ist dabei offensichtlich, daß auch die bei einer Entladung zwischen verschiedenen Kondensatoren und innerhalb eines Kondensators auftretenden, der Entladeschwingung überlagerten Ausgleichsschwingungen einen wesentlichen Einfluß auf die Lebensdauer der Kondensatoren haben und die zulässige Beanspruchung im Dielektrikum beeinflussen.

Im folgenden wird das spezielle Verhalten derartiger Kondensatoren näher untersucht, wobei der Einfluß des speziellen Aufbaus des Kondensators und der Bauelemente des Kondensators berechnet wird. Bei Berechnung aller Effekte wurden dabei die Dämpfungsfaktoren vernachlässigt, da es auch ohne Berücksichtigung derselben möglich ist, sich ein Bild über die auftretenden Effekte zu machen und da die dielektrische Dämpfung, die einen wesentlichen Teil der gesamten Dämpfungsfaktoren bildet, bei den in Betracht kommenden Frequenzen sehr stark frequenzabhängig ist.

Die Berücksichtigung dieser Frequenzabhängigkeiten würde zu beträchtlichen mathematischen Schwierigkeiten führen, weshalb vorläufig auf jede Berücksichtigung der Dämpfungseinflüsse verzichtet wird. Eine derartige Erweiterung der Gleichungen bleibt späteren Publikationen vorbehalten, wobei besonders für die Anwendung von Metallpapierkondensatoren der Einfluß einer stromabhängigen Dämpfung in den Kondensatorbelägen von Interesse sein dürfte.

In der Rechnung wird zuerst die Stromverteilung in einem einzelnen Wickel unter verschiedenen Bedingungen untersucht, da alle prinzipiell wirksamen Einflüsse bereits am einzelnen Wickel beobachtet werden können. Anschließend werden die Ergebnisse auf Stapel aus einer größeren Anzahl von Wickeln erweitert, wobei der Einfluß verschieden angeordneter Stromrückleitungen besonders berücksichtigt wird.

Für die Ableitung der Gleichungen wurde ein flachgepreßter Wickel in der Anordnung nach Abb. 1 zugrunde gelegt, wobei folgende grundsätzlichen Annahmen getroffen wurden:

1. Der Einfluß der Randzonen wurde für flachgepreßte Wickel vernachlässigt. Der dadurch verursachte

Fehler wird um so kleiner, je breiter die Wickel im Verhältnis zu ihrer Dicke sind.

2. Der Kondensator soll in seinem ganzen Volumen gleichartig aufgebaut sein.

3. Die Stromzuführung erfolgt durch eine parallel zum Wickel liegende Platte, an der alle zusammenhängenden Beläge des Wickels durchgehend über die ganze Wickelbreite angeschlossen sind.

4. Der Wickel soll so viele Beläge besitzen, daß der Strom als kontinuierlich über die Wickeldicke verteilt angenommen werden kann.

Die Rechnung gilt auch für Rundwickel, solange deren Dicke klein gegen den Durchmesser bleibt. Man kann diese als rund gebogene Flachwickel betrachten

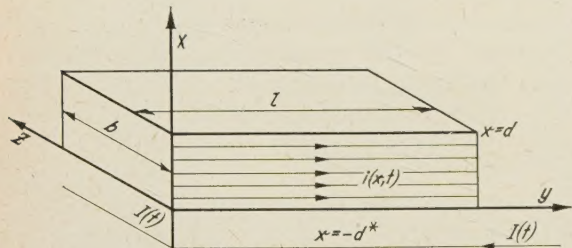


Abb. 1. Stromverteilung in einem Kondensatorwickel mit paralleler Zuleitung

Anmerkung: d^* in der Abbildung soll \bar{d} heißen

und demgemäß berechnen, solange die aktive Dicke klein gegenüber dem Durchmesser ist. Andernfalls ergeben sich Korrekturen, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen.

1) Ableitung der Gleichungen für die Schwingungen in einem einzelnen Wickel¹⁾

Für die Ableitung der Gleichungen wollen wir von einem Wickel nach Abb. 1 ausgehen. In diesem ergeben sich auf Grund der speziellen Annahmen Symmetriebedingungen, die eine wesentliche Vereinfachung der Rechnung zulassen. Da der Strom i in Wickel und Rückleitung in Richtung der y -Achse fließen muß und der gesamte Aufbau in z -Richtung als homogen angenommen wird, ist die Stromstärke nur mehr von x und t abhängig. Nach den Maxwell'schen Gleichungen ergibt daher innerhalb des Wickels die Gleichung der Stromverteilung

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = \nu^2 \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} \quad (1)$$

mit

$$\nu^2 = \mu_0 l^2 C, \quad (2)$$

wobei C die Kapazität des Wickels pro Volumeneinheit, μ_0 die Induktionskonstante und l die Länge des Wickels in Richtung der y -Achse ist.

Als allgemeine Lösung dieser Gleichung ergibt sich der Ausdruck

$$i(x, t) = \sum_{\omega} \left(a_{\omega} \cos \gamma_{\omega} \nu \frac{x}{d} + b_{\omega} \sin \gamma_{\omega} \nu \frac{x}{d} \right) \sin(\omega t + \varphi_{\omega}) \quad (3)$$

¹⁾ Die Berechnungen wurden im Rahmen verschiedener Untersuchungen an für Stoßentladungen bestimmten Kondensatoren bei der Fa. Micafil A. G. Zürich durchgeführt.

mit

$$\gamma_{\omega} = \omega \nu d, \quad (4)$$

in dem die Integrationskonstanten a_{ω} , b_{ω} und φ_{ω} und die Eigenwerte ω auf Grund der Anfangs- und Randbedingungen bestimmt werden müssen.

Diese Bedingungen bestimmen den Charakter des speziellen Problems und sollen in verschiedener Form berücksichtigt werden.

Unter allen Umständen muß angenommen werden, daß zu Beginn des betrachteten Vorgangs im Kondensator kein Strom fließt, weshalb für alle x

$$i(x, 0) = 0 \quad (5)$$

gelten muß.

Ebenso muß immer die Randbedingung an der obersten, der Zuleitung abgekehrten Lage $x = d$ des Kondensators durch

$$\frac{\partial}{\partial x} i(d, t) = 0 \quad (6)$$

gegeben sein, da am Rand $x = d$ unter allen Umständen das Magnetfeld verschwindet, das sich zwischen dem als Stromzuleitung wirkenden Wickel und der Stromrückleitung ausbildet.

Da dieses Magnetfeld die Stromverteilung bestimmt, muß am Rande, wie sich einfach exakt nachweisen läßt, die Bedingung (6) gelten.

Die zweite Anfangsbedingung kann auf verschiedene Weise gegeben sein und beschreibt den Zustand des Kondensators zu Beginn des Schwingungsvorgangs.

Ist der Kondensator anfangs entladen, so gilt für $t = 0$ immer $U(x, 0) = 0$, weshalb auch

$$\frac{\partial}{\partial t} i(x, 0) = 0 \quad (7)$$

gelten muß. Wird dagegen der auf die Spannung $U = U_0$ aufgeladene Kondensator zur Zeit $t = 0$ über eine Induktivität L_1 kurzgeschlossen, so muß zu dieser Zeit die Summe aller induktiven Spannungsabfälle in Wickel und Zuleitung in dem geschlossenen Kurzschlußkreis zusammen mit der Aufladespannung U_0 gleich 0 sein, weshalb für alle x die Anfangsbedingung

$$-U_0 + L_0 \frac{dI}{dt} - \mu_0 l \frac{\partial}{\partial t} \int_0^x i(\xi', 0) d\xi' d\xi = 0 \quad (8)$$

mit

$$L_0 = L_1 + \frac{\mu_0 l d_1}{b} = \frac{\mu_0 l \bar{d}_1}{b} \quad (9)$$

gelten muß, wobei $I = I(t)$ der totale durch den Wickel fließende Strom ist.

Die zweite Randbedingung für $x = 0$ erhält man in einfacher Weise, wenn man berücksichtigt, daß der durch $x = 0$ führende Stromkreis immer nur das durch den vollen Strom $I(t)$ erregte Magnetfeld umgibt. Dadurch wird der Strom $i(0, t)$ von der inneren Stromverteilung im Wickel unabhängig und es tritt allein der induktive Spannungsabfall des Stromes $I(t)$ an der Induktivität L_0 auf, der gleich der Summe aus dem kapazitiven Spannungsabfall und der äußeren, angelegten Spannung $U(t)$ sein muß. Dementsprechend gilt

$$i(0, t) = \frac{K}{b d} \left(\frac{dU}{dt} - L_0 \frac{d^2 I}{dt^2} \right). \quad (10)$$

Bei Lösung von (1) unter den Bedingungen (8) und (10) ergibt sich die Schwierigkeit, daß diese in Form

von Gleichungen gegeben sind, bei denen beide Seiten von $i(x, t)$ abhängen.

Um diese zu umgehen, machen wir den Ansatz

$$-i(0, t) = D \sin(\omega t + \psi) + \sum_{\omega} D_{\omega} \sin(\omega t + \varphi_{\omega}) \quad (11)$$

für den Strom $i(0, t)$, in dem die \sum über alle prinzipiell möglichen Werte von ω zu erstrecken ist.

Mit Hilfe dieses Ansatzes können die jeweils nicht vorgegebenen Größen U , I und i bestimmt werden. In den Bedingungen (8) und (10) tritt dann nur die Serie D , D_{ω} von unbekannten Größen auf, die sich aus der Zusatzbedingung bestimmen lassen, daß bei vorgegebenem U der Ausdruck für I , der sich durch Einsetzen des Ansatzes für $i(0, t)$ in die Bedingung (10) ergibt, mit dem Integral von $i(x, t)$ über den ganzen Wickelquerschnitt identisch sein muß.

Auf ähnliche Weise kann auch bei vorgegebenem I vorgegangen werden.

Ist der Kondensator zur Zeit $t=0$ entladen und wird eine Wechselspannung

$$U_{\sim} = U_0 [\cos(\omega t + \psi) - \cos \psi] \quad (12)$$

angelegt, die für $t=0$ den Wert 0 hat und von diesem stetig in eine Sinusschwingung übergeht, so erhält man die Lösung von (1), indem man den Ansatz (3) in die Randbedingungen (6) und (10) einsetzt. Es können dann verschiedene Konstanten bestimmt werden, wobei sich auch die Beziehung

$$\operatorname{tg} \varphi_{\omega} = \operatorname{tg} \psi \frac{\omega}{\omega_0} \quad (13)$$

ergibt, durch welche die Phasenverschiebungen aller Oberwellen berechnet werden können.

Setzt man die derart vereinfachte und teilweise bestimmte Lösung (3) in eine lineare Kombination der Anfangsbedingungen (5) und (7) ein, so erhält man mit (4) und (9) die transzendente Gleichung

$$\gamma_{\omega} \operatorname{tg} \gamma_{\omega} = \frac{d}{d_1} \quad (14)$$

in der d_1 wie in Gleichung (9) die der gesamten Induktivität des äußeren Kreises entsprechende Dicke d_1 ist, und deren Lösungen die Eigenwerte γ_i der Differentialgleichung angeben. Diese Gleichung hat in den Bereichen $0 < \gamma_{\omega} \leq \frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{2} \leq -\gamma_{\omega} \leq \pi$, $\pi \leq \gamma_{\omega} \leq \frac{3\pi}{2}$, ...

je eine Lösung, wobei das Vorzeichen von γ_{ω} jeweils von Bereich zu Bereich wechselt. Für den Grenzfall $\frac{d}{d_1} \rightarrow 0$, also bei gegenüber den äußeren Induktivitäten unendlich kleiner innerer induktiver Impedanz im Wickel, fallen jeweils zwei Lösungen von (14) zusammen

und es ergibt sich wie bei vielen bekannten Randwertproblemen die Beziehung $\operatorname{tg} \gamma_{\omega} = 0$ mit den Lösungen $\gamma_{\omega} = 0, -\pi, +\pi, -2\pi, +2\pi, \dots$ Mit wachsendem $\frac{d}{d_1}$

rücken die beiden identischen Lösungen immer weiter auseinander, bis für $\frac{d}{d_1} = \infty$ ($d_1 = 0$ bei $d \neq 0$), also

bei direkt am Wickel anliegender Rückleitung ohne äußere Leitungsschleife wieder in der anderen Kombination $\gamma_{\omega} = \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$ jeweils zwei Eigenwerte zusammenfallen.

Die Gleichung $\operatorname{tg} \gamma_{\omega} = \infty$, deren Lösung diese Eigenwerte ergibt, entspricht dabei derjenigen bei einer Schwingung einer einseitig festgehaltenen linearen Anordnung. Der Verlauf der Eigenwerte zwischen diesen

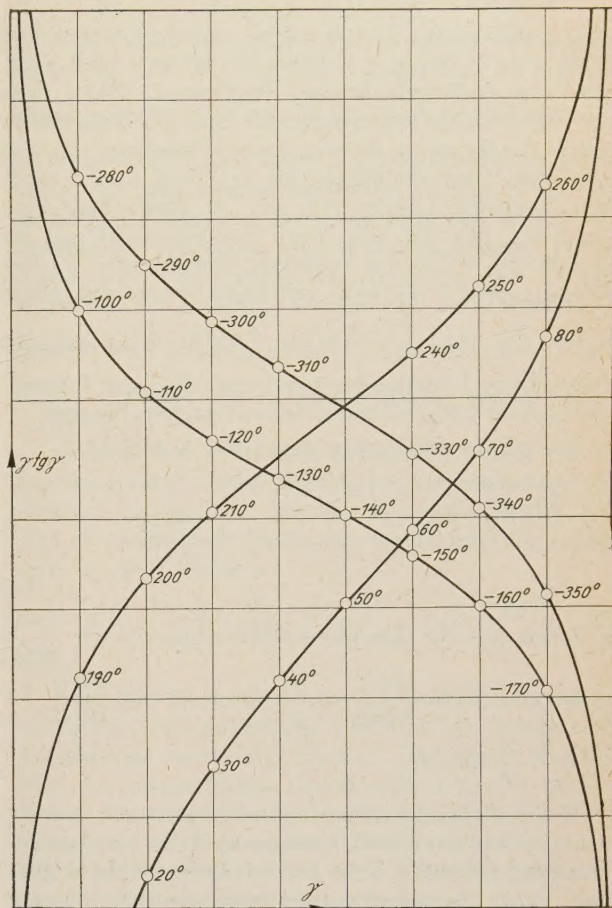


Abb. 2. Funktion $\gamma \operatorname{tg} \gamma$

Eckwerten ist aus Abb. 2 zu ersehen, in der die Funktion $\gamma \operatorname{tg} \gamma$ in Abhängigkeit von γ für $0 < \gamma < 4\pi$ aufgetragen ist. Die Lösungen der Gleichung (14), die einem bestimmten Wert von $\frac{d}{d_1}$ entsprechen, sind durch die Schnittpunkte dieser Kurven mit den Linien $\frac{d}{d_1} = \text{const.}$ gegeben.

Mit diesen Eigenwerten lassen sich im Ansatz (3) mit den Eigenwerten γ_i einzelne Konstanten bestimmen und es ergibt sich die allgemeine Lösung

$$i(x, t) = b_0 \cos \gamma \left(\frac{x}{d} - 1 \right) \sin(\omega t + \psi) + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \cos \gamma_i \left(\frac{x}{d} - 1 \right) \sin(\omega_i t + \varphi_i), \quad (15)$$

in der

$$b_0 = \frac{U_0 \omega K}{d b} \frac{1}{\cos \gamma - \frac{d}{\gamma} \gamma \sin \gamma} \quad (16)$$

die Amplitude der Komponente des Stromes in der anregenden Frequenz ω angibt. Es ergibt sich dabei über die Wickelbreite d eine ungleichmäßige Aufteilung

des Stromes, während in Richtung der Wickelbreite b die Stromstärke konstant bleibt, da Wickel und Zuleitung in dieser Richtung als homogen angenommen wurden. Die durch die Frequenz $\bar{\omega}$ angeregten Eigenschwingungen sind in der Summe \sum_i zusammengefaßt.

Die Amplituden der einzelnen Eigenschwingungen lassen sich in dieser mit Hilfe der letzten, noch nicht benutzten Anfangsbedingung bestimmen. Bildet man aus den Anfangsbedingungen (5) und (7) eine zweite lineare Kombination, die von der zur Ableitung von (14) benutzten linear unabhängig ist, und setzt man in diese die allgemeine Lösung (15) ein, so erhält man eine Gleichung, aus der sich durch Fourierentwicklung im Bereich $0 \leq x \leq d$ die einzelnen Koeffizienten b_i bestimmen lassen. Wie man sich leicht überzeugen kann,

bilden die $\cos \gamma_i \left(\frac{x}{d} - 1 \right)$ im Bereich $0 \leq x \leq d$ ein orthogonales Funktionensystem, weshalb diese Fourierentwicklung keine weiteren Schwierigkeiten bereitet.

Für die b_i erhält man damit die Ausdrücke

$$b_i = b_0 \frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i} \cdot \frac{2}{\gamma_i^2 - \gamma^2} \cdot \frac{\gamma_i \sin \gamma_i \cos \gamma - \gamma \sin \gamma \cos \gamma_i}{1 + \frac{\sin 2\gamma_i}{2\gamma_i}}, \quad (17)$$

in denen sich für den phasenabhängigen Faktor $\frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i}$

in den Grenzfällen $\frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i} \rightarrow \frac{\gamma}{\gamma_i}$ für $\psi \rightarrow 0$ und $\frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i} \rightarrow 1$ für $\psi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ ergibt.

Die Amplituden der Eigenschwingungen werden damit weitgehend vom Phasenwinkel der anregenden Spannung abhängig. Zum Teil wird diese Abhängigkeit auch durch die Gleichspannungskomponente $U_0 \cos \psi$ der anregenden Spannung bedingt, die eingeführt werden muß, damit bei phasenverschobener Spannung die Anfangsbedingungen (5) und (7) erfüllt bleiben. Für $\psi = \frac{\pi}{2}$, also bei einer anregenden sinusförmigen Wechselspannung mit Nulldurchgang bei $t=0$, sind die Oberwellen am stärksten ausgeprägt, während mit kleiner werdendem ψ der Faktor $\frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i}$ mit steigendem i immer stärker abnimmt, wodurch die höheren Oberwellen immer kleiner werden.

Mit Hilfe des Ausdrucks (15) für $i(x, t)$ lassen sich alle Teilspannungen und Ströme berechnen, wobei zwischen den kapazitiven und induktiven Spannungsabfällen genau unterschieden werden muß. Der Faktor $\gamma_i^2 - \gamma^2$ im Nenner von (17) kann für $\gamma^2 \sim \gamma_i^2$ sehr groß werden, was einer Resonanz zwischen anregender Schwingung und einer Eigenfrequenz des Wickels entspricht. Nach der Rechnung könnte sich dabei eine unendlich große Amplitude ergeben, da die Dämpfungsfaktoren vernachlässigt wurden. Es ist offensichtlich, daß bei Berücksichtigung der Dämpfung die Amplituden soweit reduziert werden, daß in den meisten

Fällen $\frac{1}{\gamma_i^2 - \gamma^2} < 10$ bleibt, da bei den in Betracht kommenden hohen Eigenfrequenzen die Dämpfungsfaktoren relativ groß sind.

Wird ein vorgegebener Strom

$$I(t) = I_0 \sin(\bar{\omega} t + \psi) \quad (18)$$

durch den Kondensator geschickt, so muß $U(t)$ aus dem Ansatz (11) und den Randbedingungen (10) bestimmt und in die anderen Randbedingungen eingesetzt werden. Als Zusatzbedingung muß dabei berücksichtigt werden, daß der Ausdruck (18) für $I(t)$ mit dem aus der allgemeinen Lösung (15) abgeleiteten Ausdruck für $I(t)$ identisch sein muß.

An Stelle der transzendenten Gl. (14) tritt dann die Beziehung $\tan \gamma_0 = 0$, da an der äußeren, durch das Magnetfeld zwischen $x=0$ und $x=-d$ bedingten Induktivität nur die sinusförmige Stromkomponente (18) einen Spannungsabfall verursacht. Dementsprechend gilt die Beziehung

$$\gamma_i = i\pi \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (19)$$

mit der sich in (15) die Konstanten

$$b_0 = \frac{I_0}{d b} \cdot \frac{\gamma}{\sin \gamma} \quad b_i = (-1)^i \frac{I_0}{d b} \frac{\sin \psi}{\sin \varphi_i} \frac{2\gamma^2}{(i\pi)^2 - \gamma^2} \quad (20)$$

ergeben.

Man erhält daher auch bei einem durch den Kondensator fließenden, sinusförmigen Wechselstrom innerhalb des Wickels eine ungleichmäßige Stromverteilung, durch die sich die einzelnen Beläge verschieden aufladen. Bei Messung eines Wechselstromes hoher Frequenz mit Hilfe eines Kondensators oder bei einem kapazitiven Spannungsteiler kann es daher vorkommen, daß sich verschiedenartige Meßresultate ergeben, je nachdem, auf welche Weise die Spannung am Wickel abgegriffen wird. In diesem Falle sind alle Messungen mit Verfälschungen behaftet, da die überlagerten Schwingungen immer in irgendeiner Weise die Messungen verfälschen werden, da es unmöglich ist, den Abgriff so zu wählen, daß für alle Komponenten die Verfälschungen verschwinden. Als Gegenmaßnahme gegen derartige Verfälschungen ist es deshalb nur möglich, die einzelnen Kondensatoren so aufzubauen, daß die niedrigsten Eigenfrequenzen bereits eine möglichst hohe Frequenz haben, da dadurch die Ungleichmäßigkeiten der Stromverteilung auf das wirksamste reduziert werden können.

Auf ähnliche Weise läßt sich das Problem auch behandeln, wenn die Anregung der Schwingungen durch eine Stoßspannung oder einen Stoßstrom erfolgt.

Setzt man in den Gleichungen (11) bis (20)

$$\psi = j\infty; \quad \bar{\omega} = ja; \quad \gamma = j\alpha v d = j\gamma'; \quad U_0 = \frac{U_s}{\cosh \infty} \quad (21)$$

so beschreiben diese die durch eine Stoßwelle angeregten Schwingungen in den Kondensatorwickeln, da die Randbedingung (12) wegen

$$\lim_{\eta \rightarrow \infty} \frac{\cos j(\eta + \alpha t)}{\cos j\eta} = \frac{\cosh(\infty - \alpha t)}{\cosh \infty} = e^{-\alpha t}$$

in die einer Stoßspannung entsprechende Randbedingung

$$U(t) = U_s(1 - e^{-\alpha t}) \quad (22)$$

übergeht.

Da die anregende Spannung allein durch diese Randbedingung in die Gleichungen eingeführt wird, folgt daraus, daß damit auch alle übrigen Gleichungen in die entsprechenden, bei einer anregenden Stoßspan-

nung nach (22) gültigen Formen übergehen. An die Stelle der Kreisfunktionen treten dann für die Grundschwingung immer die entsprechenden Hyperbelfunktionen, während sich für die Oberschwingungen nur andere Amplituden ergeben, wobei die Ausdrücke $\gamma_i^2 - \gamma^2$ im Nenner von (17) in $\gamma_i^2 + \gamma^2$ übergehen, was der Tatsache entspricht, daß bei Stoßspannungen keine Resonanz zwischen der anregenden Schwingung und den einzelnen Eigenfrequenzen auftreten kann.

Auf ähnliche Weise lassen sich auch die Gleichungen für einen durch den Kondensator fließenden Stoßstrom ableiten, wobei sich äquivalente Resultate ergeben.

2) Schwingungen bei Kurzschließen eines geladenen Kondensators

Bei Kurzschließen eines Kondensatorwickels über eine äußere Induktivität L_1 bleiben die Anfangs- und Randbedingungen (5), (6) und (10) unverändert gültig, während als zweite Anfangsbedingung (8) an die Stelle von (7) tritt. Zu beachten ist dabei, daß die äußere, angelegte Spannung $U(t)$ gleich Null ist, weshalb sich die Bedingung (10) vereinfacht, da der Ausdruck mit $\frac{dU}{dt}$ verschwindet.

Im Ausdruck (15) für den Strom $i(x, t)$ im Wickel ergibt sich dann $b_0 = 0$, da keine anregende Schwingung existiert, während sich für b_i und φ_i die Ausdrücke

$$b_i = U_0 \sqrt{\frac{b}{\mu_0 l d}} \frac{2 \sin \gamma_i}{1 + \frac{\sin 2 \gamma_i}{2 \gamma_i}}; \varphi_i = 0; i = 1, 2, 3, \dots \quad (23)$$

ergeben. Es ergibt sich daher auch in diesem Fall ein unendliches Spektrum von Eigenschwingungen, deren Amplitude mit wachsender Frequenz abnimmt, da die $\sin \gamma_i$ mit wachsendem i immer kleiner werden und gegen Null konvergieren. Die Phasenverschiebung bleibt dabei für alle Komponenten gleich Null, weshalb sich für alle Eigenschwingungen zur Zeit $t = 0$ der Strom $i = 0$ ergibt.

Die Amplituden der Oberschwingungen nehmen mit steigendem $\frac{d}{d_1}$ zu, während bei kleinem $\frac{d}{d_1}$ die Oberschwingungen neben der Grundschwingung nahezu verschwinden. Die Oberschwingungen können daher nur bei kleineren äußeren Induktivitäten L_1 beobachtet werden. Es muß dabei auch beachtet werden, daß die dielektrische Dämpfung bei sehr hohen Frequenzen sehr stark in Erscheinung tritt und daher die auftretenden Schwingungen stark gedämpft werden.

3) Verallgemeinerung der Rechnung auf einen Stapel aus gleichartigen, in Serie geschalteten Wickeln

Werden verschiedene gleichartig aufgebaute flachgepreßte Wickel der Dicke δ übereinandergestapelt und in Serie geschaltet, so ergibt sich eine Anordnung ähnlich Abb. 3, wenn sich die Stromrückleitung in so großem Abstand von den Wickeln befindet, daß sie ohne wesentlichen Fehler als unendlich weit entfernt angenommen werden kann. Der Strom fließt dann in zwei übereinanderliegenden Wickeln in entgegengesetzter Richtung, weshalb die magnetische Feldstärke

H_z aus Symmetriegründen in zwei aufeinanderfolgenden Zwischenräumen den gleichen Wert mit entgegengesetzten Vorzeichen haben muß. Dabei muß in den Mittelachsen der Kondensatorwickel bei symmetrischem Aufbau $H_z = 0$ gelten, weshalb in diesen auch die Randbedingung (6) erfüllt sein muß.

Denkt man sich in der Mitte des Zwischenraumes zwischen zwei Wickeln zwei zusätzliche Ströme entgegengesetzter Richtung der gleichen Stromstärke $\frac{I(t)}{2}$,

so heben sich diese Ströme in ihren Wirkungen gegenseitig auf und verursachen keine Änderung der magnetischen Feldstärke. Betrachtet man den einen dieser Ströme als Zuleitung zur darunterliegenden Wickelhälfte und den anderen als Ableitung der darüberliegenden Wickelhälfte, so läßt sich der Stapel in $2n$

gleiche, vom gleichen Strom $\frac{I(t)}{2}$ durchflossene Teilelemente auflösen, die in ihrem Aufbau genau Abb. 1 entsprechen.

Hat der aus n Wickeln bestehende Stapel die Kapazität K und haben die Wickel gegeneinander den Abstand δ_0 , so läßt sich die für einen Wickel nach Abb. 1 ausgeführte Rechnung verallgemeinern, indem man in allen Formeln

$$d = \frac{\delta}{2}, \quad d = \frac{\delta_0}{2}, \quad C = \frac{nK}{b\delta}, \quad L_0 = n \frac{\mu_0 l \delta}{b} \quad (24)$$

setzt.

Liegt die Stromrückleitung in der Nähe der Wickel, so ergeben sich zusätzliche Einflüsse, die verschiedene Korrekturen notwendig machen. Um einen Überblick über die systematischen Gesetzmäßigkeiten zu erhalten, wollen wir einige idealisierte Anordnungen der Stromrückleitung näher betrachten. Dabei soll ein gegenüber den Wickeln gleich wie in Abb. 1 orientiertes Koordinatensystem zugrunde gelegt werden.

1. Anordnung

Es wird angenommen, daß die Wickel in z -Richtung sehr breit sind. Die Stromrückleitung erfolgt nach Abb. 3 durch zwei parallele, symmetrisch zu den

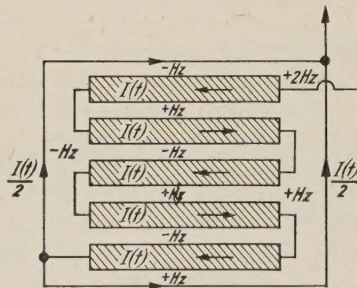


Abb. 3. Stapel mit zwei symmetrisch angeordneten, parallelen Stromrückleitungen

Wickeln an beiden Seiten des Stapels in Ebenen $y = 0$ angeordnete Bleche. Haben diese beide den gleichen Abstand vom Stapel, so muß aus Symmetriegründen durch beide Bleche derselbe Strom fließen. Das magnetische Feld wird dann im Inneren der Wickel in keiner Weise gegenüber demjenigen bei einer unendlich weit entfernten Stromrückleitung verändert und die Beziehungen (24) bleiben unverändert bestehen. Das äußere

Magnetfeld zwischen Stapel und Stromrückleitungen entspricht einer äußeren zusätzlichen Induktivität

$$L_1 = \frac{n \mu_0 (\delta + \delta_0) \delta_1}{2b}, \quad (25)$$

die ähnlich wie bei (9) mitberücksichtigt werden kann, indem man \bar{d} durch

$$\bar{d}_1 = \frac{\delta_0}{2} \left(1 + \frac{\delta + \delta_0}{\delta_0} \frac{\delta_1}{l} \right) \quad (26)$$

ersetzt. Voraussetzung für die exakte Gültigkeit dieser Beziehungen ist, daß $(l + 2\delta_1) \ll b$ gilt. Anderenfalls treten durch den Einfluß der Randzonen gewisse Verfälschungen auf.

2. Anordnung

Es wird angenommen, daß die Wickel in z -Richtung sehr breit sind. Die Stromrückleitung erfolgt gemäß Abb. 4 durch ein parallel zum Stapel in einer Ebene $y = \text{const.}$ angeordnetes Blech im Abstand δ_1 vom Stapel.

Zwischen zwei übereinanderliegenden Wickeln ist die magnetische Feldstärke abwechselnd gleich 0 und

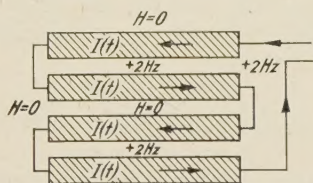


Abb. 4. Stapel mit einer Zuleitung

$2H$. Dementsprechend bildet ein Wickel eine Einheit nach Abb. 1, zu der die Stromzuleitung wieder wie bei Ableitung der Beziehungen (24) in der Mitte des Wickelabstandes δ_0 gedacht werden kann. Es gibt daher in diesem Fall

$$d = \delta, \quad \bar{d} = \frac{\delta_0}{2}, \quad C = \frac{nK}{b\delta}, \quad L_0 = \frac{n\mu_0 l\delta}{b}, \quad (27)$$

während ähnlich wie bei (25) und (26) die äußere Induktivität

$$L_1 = \frac{n\mu_0 (\delta + \delta_0) \delta_1}{b} \quad (28)$$

durch Einsetzen von

$$\bar{d}_1 = \frac{\delta_0}{2} + (\delta + \delta_0) \frac{\delta_1}{l} \quad (29)$$

an Stelle von \bar{d} berücksichtigt werden kann.

Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Beziehung ist auch hier, daß $(l + \delta_1) \ll b$ gilt.

3. Anordnung

Es wird angenommen, daß die Wickel in y -Richtung sehr lang sind. Die Stromrückleitung erfolgt gemäß Abb. 5 durch zwei parallele, symmetrisch zu den Wickeln an beiden Seiten des Stapels in Ebenen $z = \text{const.}$ angeordnete Bleche.

Das magnetische Feld zwischen den Wickeln und den auf beiden Seiten im Abstand δ_1 liegenden Stromrückleitungsblechen bewirkt, daß entgegen den ursprünglichen Voraussetzungen die magnetische Feldkomponente H_x nicht mehr von z unabhängig ist. Um dies exakt zu berücksichtigen, wäre es notwendig, die

ganze Rechnung mit drei unabhängigen Variablen x , z und t neu durchzuführen und alle Formeln dementsprechend zu erweitern. Wir wollen hier darauf verzichten und uns mit einer größenordnungsmäßigen Ab-

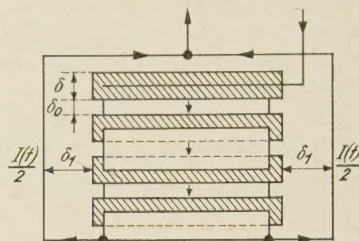


Abb. 5. Stapel mit zwei symmetrisch an beiden Seiten des Stapels angeordneten, parallelen Stromrückleitungen

schätzung der auftretenden Effekte begnügen. Dazu vernachlässigen wir die bereits bekannten Stromverdrängungseffekte zwischen den einzelnen Wickeln, indem wir die Rückwirkung des durch die y -Komponente des Stromes erregten Magnetfeldes auf die Stromverteilung nicht mehr berücksichtigen. Der Einfluß des in den Ebenen $z = \text{const.}$ fließenden Rückstromes kann dann einfach bestimmt werden.

Wir definieren dazu ein transformiertes Koordinatensystem x' , y' , z' mit $x' = z$, $y' = x$, $z' = y$, in dem der Wickelstapel so angeordnet ist, daß in der Ebene $x' = \frac{b}{2}$ die feldfreie Symmetrieebene in der Mitte des Stapels, in der Ebene $x' = 0$ ein seitlicher Rand des Stapels und in der danebenliegenden Ebene $x' = -\delta_1$ die zugehörige Stromrückleitung zu liegen kommen. Die totale Stapelhöhe von Wickeln und Zwischenlagen $n(\delta + \delta_0)$ liegt dann in Richtung der y' -Achse und nimmt die Stelle von l in Abb. 1 ein, während die Wickellänge l an Stelle von b in Abb. 1 in der z' -Richtung liegt.

Im transformierten Koordinatensystem gelten deshalb auch alle auf Grund der Anordnung nach Abb. 1 abgeleiteten Beziehungen und alle Berechnungen und Formeln können übernommen werden, wenn man

$$d = \frac{b}{2}, \quad \bar{d} = \delta_1, \quad C = \frac{nK}{lb}, \quad L_0 = \frac{n\mu_0 b(\delta + \delta_0)}{l} \quad (30)$$

setzt.

Vergleicht man die zugehörigen Werte von $\frac{d}{\bar{d}}$ mit den Werten nach (24) bei unendlich weit entfernter Stromrückleitung, so kann man in einfacher Weise beurteilen, welche von beiden Komponenten die stärkere Stromverdrängung in der Grundschwingung ergibt, da für diese die Stromverdrängung mit wachsendem $\frac{d}{\bar{d}}$ zunimmt. Die Komponente mit kleinerem $\frac{d}{\bar{d}}$ kann je nach Größenordnung vernachlässigt oder in Form von Korrekturen berücksichtigt werden.

4) Berechnung der induktiven Einflüsse in einem Kondensator

Auf Grund der bisherigen Betrachtungen ist es nicht mehr möglich, einem Kondensator oder einem Kondensatorwickel einen konstanten Wert als Induktivität zu-

zuordnen. Dagegen können ohne weiteres verschiedene frequenzabhängige Größen definiert werden, welche die Dimension einer Induktivität besitzen und im Grenzübergang $d \rightarrow 0$ in normale, auf übliche Weise definierte Induktivitäten übergehen. Solche Größen sind immer Funktionen der Frequenz ω , weshalb sie auch für die verschiedenen Teilkomponenten einer Schwingung unterschiedliche Werte annehmen.

Definiert man in üblicher Weise die Induktivität als Proportionalitätsfaktor zwischen der Spannung $U(t)$ und dem ersten Differentialquotienten der Spannung nach der Zeit $\frac{dI}{dt}$, so erhält man für eine Entladung des Kondensators in Form einer Schwingung der Frequenz ω_1 eine induktive Impedanz

$$L_1(\omega_1) = \frac{U_0}{\left(\frac{dI(\omega_1, t)}{dt}\right)_{\max}} \quad (31)$$

Ersetzt man ω_1 durch $\gamma_1 = \omega_1 \nu d$, so ergibt sich dafür der Ausdruck

$$L_1(\gamma_1) = L_0 \frac{1 + \frac{\sin 2\gamma_1}{2\gamma_1}}{2 \sin^2 \gamma_1} \quad (32)$$

Ebenso ist es auch möglich, die induktive Impedanz durch die Höhe der Eigenfrequenz der Grundkomponente der Entladeschwingung zu definieren. Es ergibt sich dann die Größe

$$L_2(\gamma_1) = \frac{1}{\omega_1^2 K} = \frac{L_0}{\gamma_1^2} \quad (33)$$

die sich von $L_1(\gamma_1)$ um so mehr unterscheidet, je größer γ_1 wird. Die Werte von $L_1(\gamma_1)$ und $L_2(\gamma_1)$ sind für verschiedene $\frac{d}{\delta}$ in der folgenden Tab. I zusammengestellt.

Es ist dabei zu beachten, daß bei Serienschaltung einer äußeren Induktivität der Wert von $\frac{d}{\delta}$ abnimmt, da

sich durch die zusätzliche Induktivität der Wert von δ vergrößert. Gleichzeitig sind noch einige weitere, das Verhalten des Kondensators bestimmende Größen angegeben, wobei $L_2(\gamma_1) - L_a$ die scheinbare Größe der Induktivität angibt, die man erhält, wenn man von dem aus der Entladefrequenz nach (33) berechneten Wert von $L_2(\gamma_1)$ die Induktivität des äußeren Entladekreises abzieht.

Man sieht aus diesen Werten, daß bei Induktivitätsmessungen an Kondensatoren innerhalb gewisser Grenzen voneinander abweichende Ergebnisse auftreten können, je nachdem, unter welchen Bedingungen die Messungen erfolgen. Von besonderem Interesse ist

dabei auch, daß für die Grundkomponente des Entladestromes nicht mehr die Formel $\dot{I} = \dot{U} \omega C$ gilt, da nach Tabelle I das Verhältnis $\frac{I_1}{\gamma_1}$ von $\frac{d}{\delta}$ abhängig ist. Abweichungen von den angegebenen Gesetzmäßigkeiten können dabei noch durch Dämpfungsfaktoren verursacht werden, die bei unseren bisherigen Überlegungen vernachlässigt wurden, trotzdem sie unter Umständen gewisse Verschiebungen gegenüber den angegebenen Daten verursachen können.

Bei Kondensatoren von sehr niedriger induktiver Impedanz können auch noch andere Effekte hinzutreten, die unabhängig von den betrachteten Gesetzmäßigkeiten zu weiteren systematischen Unterschieden zwischen unter verschiedenen Bedingungen vorgenommenen Messungen führen können. Erfolgt beispielsweise die Messung der Eigenfrequenzen an der Entladeschwingung nach direktem Kurzschließen des Kondensators, so kann unter Umständen auch bei kürzester Leitungsführung die Kurzschlußverbindung eine größere Induktivität besitzen als der Kondensator selbst. Diese Induktivität wird dann mitgemessen, was zu beträchtlichen Unterschieden gegenüber anderen Meßmethoden führen kann. Bei einer Resonanzmethode, bei der bei gegebenem hochfrequentem Strom variabler Frequenz das Spannungsminimum am Kondensator gesucht wird, ist dies dagegen nicht der Fall und das Meßergebnis hängt weitgehend davon ab, wie die Meßleitungen geführt sind und welche magnetischen Feldlinien sie noch umfassen. Wird die Meßleitung unmittelbar von der Durchführung ausgehend als konzentrische Leitung oder verdreht geführt, so ergibt sich eine sehr kleine, von der Meßleitung umschlossene Schleife. Je nach der Größe derselben können verschiedene induktive Impedanzen gemessen werden. Die Rückwirkung des Meßstromes auf das Magnetfeld bleibt dabei unter allen Umständen klein, da der Meßstrom unter den vorliegenden Bedingungen immer klein gegen den Entladestrom bleibt.

Man sieht daraus, daß die Meßergebnisse bei Induktivitätsmessungen an Kondensatoren je nach angewendeter Meßmethode innerhalb sehr weiter Grenzen streuen können.

Enthält der Kondensator mehrere über verschiedene Induktivitäten parallel geschaltete Zweige, so wirkt sich dies im Prinzip ähnlich aus, wie bei den verschiedenen stromführenden Lagen in einem Kondensatorwickel. Allerdings lassen sich dabei die speziellen Daten der Anordnung nicht so exakt erfassen, wie dies beim Einzelwickel der Fall war. Es treten vielmehr kompliziertere Überlagerungen verschiedener ungleich-

Tabelle I

$\frac{d}{\delta}$	$= \infty$	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
γ_1	= 1,570 8	1,428 9	1,313 83	1,077 67	0,861 90	0,652 6	0,432 84	0,311 05	0,221 762
$L_1(\gamma_1)$	= 0,500 0	0,555 92	0,635 01	0,894 45	1,370 83	2,353 81	5,341 95	10,336 6	20,334 7 · L_0
$L_2(\gamma_1)$	= 0,405 3	0,489 80	0,579 32	0,861 05	1,351 6	2,348 0	5,338 0	10,335 6	20,334 7 · L_0
L_a	= 0	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5	10	20 · L_0
$L_2(\gamma_1) - L_a$	= 0,405 3	0,389 80	0,379 32	0,361 05	0,351 6	0,348 0	0,338 0	0,335 6	0,334 7 · L_0
I_1	= 1,273	1,259	1,199	1,038	0,847	0,651	0,432 6	0,311 0	0,221 7 · U_0 db $\sqrt{\frac{K}{L_0}}$

mäßig verteilter Kapazitäten und Induktivitäten auf, die meist von Fall zu Fall variieren und oft schwer exakt darzustellen sind. Trotz den damit verbundenen Änderungen bleiben dabei doch die prinzipiellen Gesetzmäßigkeiten gleich und das Verhalten derartiger Kondensatoren läßt sich näherungsweise abschätzen. Es ist deshalb auch möglich, dem Kondensator in allen Fällen einen gewissen Wert von $\frac{d}{\lambda}$ zuzuordnen, der das

Verhalten des Kondensators bei hochfrequenten Vorgängen in erster Näherung beschreibt. Je homogener der Kondensator aufgebaut ist, desto besser wird die Näherung, mit der das Verhalten des Kondensators durch diese Zuordnung beschrieben ist.

Soll eine Aussage über die induktive Impedanz eines Kondensators gemacht werden, so kann diese nach unseren Betrachtungen nur dann sinnvoll sein, wenn folgendes beachtet wird:

1. Die Stromrückleitung zwischen den Meßanschlüssen (Kurzschlußverbindung oder Meßanzapfungen je nach Meßmethode) muß in genau definierter Weise geschlossen sein. Die günstigste Anordnung erhält man, wenn der Kondensator innerhalb einer ihn außen umhüllenden Stromrückleitung liegt, die bei der Kurzschlußverbindung bzw. Meßanzapfung über den ganzen Umfang bis auf wenige Millimeter an die Zuleitung herangeführt wird.

2. Um unter diesen Umständen in erster Näherung die Größe des dem Verhältnis $\frac{d}{\lambda}$ entsprechenden Ersatzwertes zu finden, müssen mindestens zwei Messungen durchgeführt werden. Die erste Messung muß am Kondensator mit genau definierten Hin- und Rückleitungen ohne äußere Zusatzinduktivitäten vorgenommen werden. Für die zweite Messung muß eine genau definierte, am besten aus konzentrischen Rohren bestehende, geeichte Induktivität in Serie geschaltet und mitgemessen werden. Aus den gemessenen Größen K , $\omega_{(1)}$ und $\omega_{(2)}$ (Kapazität des Kondensators und Frequenzen der ersten Resonanzschwingung bei den beiden Messungen) können zusammen mit dem Wert L_a die Parameter des Kondensators bestimmt werden.

3. Zur Kontrolle des Grades der Näherung empfiehlt es sich, die Messung mit Hilfe einer zweiten äußeren Induktivität L'_a zu wiederholen. Der Grad der Übereinstimmung zwischen den aus den Messungen mit den äußeren Induktivitäten L_a und L'_a abgeleiteten Konstanten des Kondensators ergibt ein Maß für die Homogenität des inneren Aufbaus des Kondensators.

4. Für die Beurteilung des Kondensators soll in erster Linie die Grundfrequenz herangezogen werden, da sich Inhomogenitäten in den Kondensatoren auf die Oberschwingungen in viel stärkerem Maße auswirken und dadurch eine eindeutige Beurteilung sehr erschwert wird.

Bei Bestimmung der Konstanten eines Kondensators wird am besten in folgender Weise vorgegangen:

Zuerst werden die Eigenfrequenzen der Grundschwingung des Kondensators $\omega_{(1)}$ ohne äußere Zusatzinduktivität und $\omega_{(2)}$ mit äußerer Zusatzinduktivität L_a bestimmt. Die Kapazität K des Kondensators soll außerdem bei einer Frequenz gemessen werden, die klein gegen $\omega_{(1)}$ bleiben soll.

Aus den so bestimmten Werten $\omega_{(1)}$, $\omega_{(2)}$, K und L_a können in einfacher Weise die das Verhalten des Kondensators bestimmenden Parameter berechnet werden.

Setzt man

$$L_0 = \frac{\mu_0 l d}{b}, \quad L_i = \frac{\mu_0 l d}{b}, \quad d_1 = \frac{L_a b}{\mu_0 l}, \quad (34)$$

so ergibt L_0 ein Maß für die innere aufgeteilte induktive Impedanz, L_i ist die Serieinduktivität innerhalb des Kondensators und d_1 ist eine von der äußeren Induktivität L_a abgeleitete Größe. Für die beiden Frequenzen $\omega_{(1)}$ und $\omega_{(2)}$ kann (14) dann auch in der Form

$$\gamma_{(1)} \operatorname{tg} \gamma_{(1)} = \frac{L_0}{L_i} \quad \gamma_{(2)} \operatorname{tg} \gamma_{(2)} = \frac{L_0}{L_i + L_a} \quad (35)$$

geschrieben werden, wobei

$$\gamma_{(1)} = \omega_{(1)} \sqrt{L_0 K} \quad \gamma_{(2)} = \omega_{(2)} \sqrt{L_0 K} \quad (36)$$

gilt.

Da man die erste Gl. (36) auch in der Form

$$L_0 = \frac{\gamma_{(1)}^2}{\omega_{(1)}^2 K} \quad (37)$$

schreiben kann, läßt sich die erste Gl. (35) in der Form

$$L_i = \frac{\gamma_{(1)}}{\operatorname{tg} \gamma_{(1)}} \cdot \frac{1}{\omega_{(1)}^2 K} \quad (38)$$

schreiben. Setzt man

$$\frac{\omega_{(2)}}{\omega_{(1)}} = \frac{\gamma_{(2)}}{\gamma_{(1)}} = \alpha \quad (39)$$

und dividiert man die zweite durch die erste Gl. (35), so erhält man die Bedingung

$$\frac{\operatorname{tg} \gamma_{(1)}}{\alpha \operatorname{tg} \alpha \gamma_{(1)}} = \frac{L_a}{L_i} + 1, \quad (40)$$

aus der sich durch Einsetzen des Ausdrucks (38) die Beziehung

$$\gamma_{(1)} \left(\frac{1}{\alpha \operatorname{tg} \alpha \gamma_{(1)}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma_{(1)}} \right) = \omega_{(1)}^2 L_a K \quad (41)$$

ergibt. Da auf der rechten Seite derselben nur aus den Messungen bekannte Größen stehen und auch α aus diesen bekannt ist, kann $\gamma_{(1)}$ durch Lösung dieser transzendenten Gleichung bestimmt werden, wobei die gesuchte Grundschwingung die erste Wurzel im Bereich

$$0 \leq \gamma_{(1)} \leq \frac{\pi}{2} \text{ ist.}$$

Die Bestimmung von L_0 und L_i kann damit in einfacher Weise nach (37) und (38) erfolgen, während der Wert von $\frac{d}{\lambda}$ nach (14) bestimmt werden kann (Abb. 2).

Für die Lösung der transzendenten Gl. (41) eignet sich am besten ein graphisches Verfahren, bei dem für den gegebenen Wert von α die Funktion

$$F(\gamma_{(1)}) = \gamma_{(1)} \left(\frac{1}{\alpha \operatorname{tg} \alpha \gamma_{(1)}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma_{(1)}} \right)$$

aufgetragen wird. Der Schnittpunkt mit der Geraden $F'(\gamma_{(1)}) = \omega_{(1)}^2 L_a K$ gibt die Lösung dieser Gleichung.

5) Zusammenfassung

Die in Kondensatorwickeln bei hochfrequenten Entladungen auftretenden Schwingungen und Stromverdrängungseffekte werden berechnet. Es ergibt sich eine ungleichmäßige Stromverteilung, bei der sich der anregenden Frequenz eine Reihe von Eigenschwingungen

überlagert. Auch durch Stoßspannungen und Stoßströme können diese Eigenschwingungen angeregt werden.

Alle Formeln werden zur Berechnung der Stromverteilung in kompletten Kondensatoren mit mehreren in Serie geschalteten Wickeln verallgemeinert, wobei sich eine starke Abhängigkeit der Eigenfrequenzen und Amplituden von der Anordnung und Form der Stromrückleitungen ergibt. Es zeigt sich dabei, daß es unmöglich ist, einem Kondensator eine Induktivität eindeutig zuzuordnen. Um die induktive Impedanz eines Kondensators trotzdem in einfacher Weise in erster Näherung zu beschreiben, wird ein spezieller Parameter angegeben, der zusammen mit Kapazität und Eigenfrequenz das induktive Verhalten eines Kondensators bestimmt. Dieser Parameter kann durch eine mit ver-

trebarem Aufwand ausführbare Messung ermittelt werden und beschreibt näherungsweise das Verhalten des Kondensators bei verschiedenen Frequenzen.

Schrifttum

- [1] L. LINDER und J. SCHNIEDERMANN: Einfluß der Eigeninduktivität von Wickelkondensatoren auf ihren Scheinwiderstand. ETZ, 60. Jg. (1939).
- [2] S. BERGLUND, R. NILSSON, P. OHLIN, K. SIEGBAHN, T. SUNDSTRÖM und S. SVENNERSTEDT: Fusion experiments in Deuterium Plasma. Nuclear Instruments, Vol. I (1957) S. 233...241.
- [3] J. TUCK: Review of controlled thermonuclear research at Los Alamos. For mid 1958; A/Conf. 15/P/1860, USA, June 1958; Second U.N. International Conference on the peaceful uses of atomic energie.

Das Punktschweißen von Aluminium-Legierungen

Von E. A. OTTO, Erlangen

DK 669.716 : 621.791.736

Die Widerstandsschweißverfahren haben auf dem Gebiet der Leichtmetalle eine immer stärkere Bedeutung erlangt. Es soll hier nur das Punktschweißen mit seinen beiden Spezialanwendungen, dem Rollpunkt- und dem Nahtschweißen behandelt werden. Während in den Jahren bis Kriegsende sowohl im Flugzeug- als auch im Waggonbau hauptsächlich Bleche bis zu einer größten Dicke von 1,5 mm verarbeitet wurden, geht man in den letzten Jahren dazu über, Bleche bis 6 mm Dicke punktzuschweißen. So kam man früher mit Einphasenmaschinen, die nur teilweise mit einer Einrichtung für Druck- und Stromprogramm ausgerüstet waren, aus. Man erzielt damit zufriedenstellende Schweißpunkte, wie es ja vom Flugzeugbau während des Krieges bekannt ist. Durch die wegen der größeren Blechdicken bedingten hohen Schweißströme und die vom Flugzeug- und Fahrzeugbau übernommenen amerikanischen Prüfbedingungen ist man zum Bau von Punktschweißmaschinen mit dreiphasigem Anschluß übergegangen. Dadurch wird sowohl eine gleichmäßigere Netzbelastung erzielt und außerdem ist die Sekundärleistung dieser Maschine nicht so sehr von der Armausladung und damit Fensterflächenvergrößerung, wodurch der induktive Widerstand erhöht und der Schweißstrom kleiner wird, abhängig, wie dies bei einphasigen Maschinen der Fall ist. Diese großen Maschinen mit Sekundärströmen von > 80 kA und Elektrodenkräften von 2 t und mehr werden meistens mit einem Druck- und Stromprogramm ausgerüstet (Abb. 1 und 2).

Bevor im einzelnen auf die technologische Bedeutung des Druck- und Stromprogrammes näher eingegangen wird, sollen einige Worte auf die Vorarbeiten an den zu schweißenden Blechen hinweisen. Um bei einer Punktfolge eine gleichmäßige Ausbildung der Schweißpunkte zu erlangen, ist es von besonderer Wichtigkeit, die Oxydschichten der Leichtmetallbleche zu beseitigen und anschließend die Kontaktwiderstände zu messen, denn nur mit kleinen und untereinander gleichen Widerstandswerten läßt sich die zuvor erwähnte Forderung erfüllen. Zur Erreichung dieser Werte werden die Bleche am zweckmäßigsten mit Säure gebeizt, wobei die anzuwendende Säure der Legierung angepaßt sein muß. Ein von der Firma Turco-Chemie entwickeltes

Beizpräparat läßt sich jedoch für alle Legierungen verwenden, ohne dabei die Oberflächen des behandelten Materials anzugreifen. Die früher vielfach verwendete Natronlauge ist wegen ihres starken Oberflächenangriffs nicht zu empfehlen (Abb. 3 und 4).

Auch auf das Elektrodenmaterial, seine Formgebung und seine Kühlung ist vor Beginn und während des Schweißens zu achten. Bei der Schweißung von gleichem Material mit gleicher Dicke wird im allgemeinen

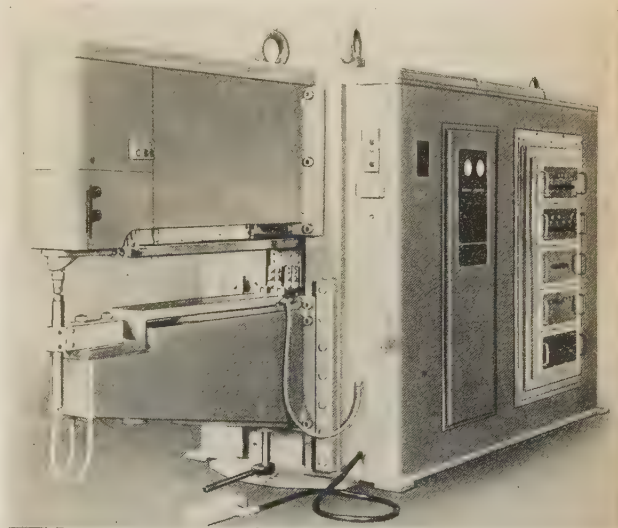


Abb. 1. Dreiphasen-Hochleistungs-Punktschweißmaschine mit Ignitron-Symmetriertakter für maximale Blechstärken 2×3 mm

das Profil der beiden Elektroden gleich sein. Müssen jedoch unterschiedliche Dicken geschweißt werden, so muß die Elektrode am dickeren Material zur schnelleren Wärmeabführung einen größeren Balligkeitsradius aufweisen, da sonst die Schweißlinse eine verschiedene Eindringtiefe in die beiden Werkstücke hat. Das gleiche gilt beim Schweißen von zwei verschiedenen Materialsorten gleicher Dicke, hierbei muß die Elektrode mit dem größeren Balligkeitsradius an dem Material mit der

geringeren Wärmeleitfähigkeit aufliegen. Elektroden sind Werkzeuge und müssen als solche behandelt und gepflegt werden. Elektrodenmaterial mit einer Brinell-

chender sorgfältiger Vorbehandlung eine einwandfreie Punktschweißung. So wirkt sich das Druckprogramm beim Vorpressen mit hohem Druck durch Herabminderung des Übergangswiderstandes, beim Schweißpressen mit niedrigem Druck, um unnötig hohe Schweißströme zu vermeiden, und beim Nachpressen mit wiederum hohem Druck verfestigend bzw. schmiedend auf den erstellten Schweißpunkt aus. Dadurch ist es möglich, völlig fehlerfreie Schweißlinien zu erhalten, unter der Voraussetzung, daß

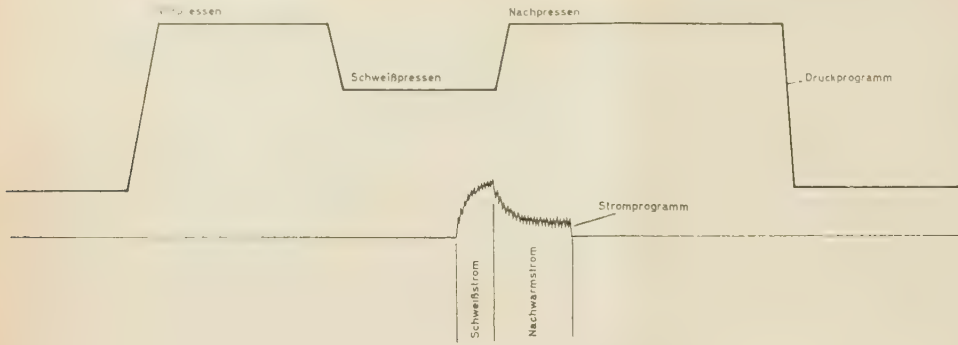


Abb. 2. Druck- und Stromprogramm

härte von 100 ... 150 und einer Leitfähigkeit von 50 S, wie z. B. Zollerbronze, Elmet-Al, Sigmadur, Wirballit, Mallory oder Ampcoloy, ist am geeignetsten, wobei je-

Stromhöhe und Größe der Elektrodenkraft miteinander korrespondieren, also optimale Schweißbedingungen vorliegen. Ist die Elektrodenkraft zum Schweißstrom relativ zu niedrig, so wird das Material an der Stelle des größten Widerstandes überhitzt und hinausgeschleudert, umgekehrt geht bei zu hoher Elektrodenkraft und dementsprechend kleinem Widerstand zuviel Wärme durch Ableitung und Strahlung verloren und die erforderliche Schweißtemperatur wird nicht erreicht. Setzt z. B. das Nachpressen erst kurze Zeit nach Ablauf der Schweißstromzeit ein, oder ist der Schweißstrom zu hoch für die eingestellte Elektrodenkraft, dann ist eine Verhinderung der Warmrisse und Gasblasen als Folge eines Warmbrüchigkeitsbereiches und eutektisch ausgeschiedener Legierungsbestandteile oder der Lunker als Folge von Schwindungs- und Gasabgabeerscheinungen beim Abkühlen nicht immer möglich. Inwieweit die dabei noch auftretende Spannungskorrosion mit der Warmrißbildung zusammenhängt, konnte bei den gebräuchlichsten Al-Legierungen außer AlCuMg, wo sich die Phase Al_2Cu ausscheidet, noch nicht vollständig geklärt werden. Das Stromprogramm dagegen mindert durch

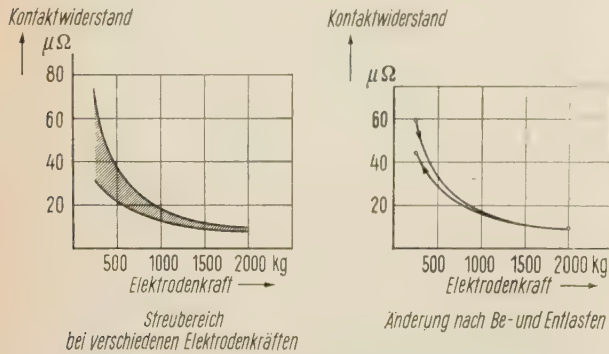


Abb. 3. Messung des Kontaktwiderstandes von Al-Legierungen

doch bei ansteigender Brinellhärte wegen der damit verbundenen abnehmenden elektrischen und Wärmeleitfähigkeit das Anlegieren der Bleche an die Elektro-

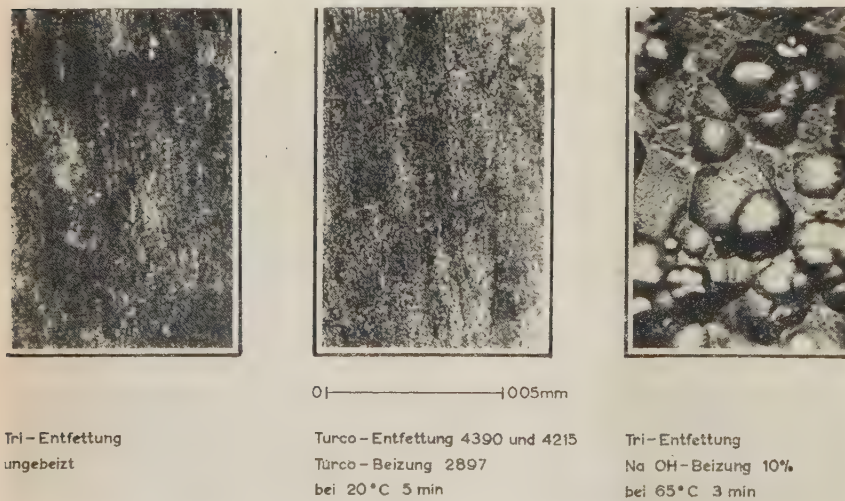


Abb. 4. Al-Mg-Si-Blech nach Oberflächenbehandlung

den früher einsetzt. Der Einsatz eines Druck- und Stromprogrammes, das zum Schweißen dickerer Bleche als 1,5 mm zur Verfügung steht, garantiert bei entspre-

den Stromanstieg das Anlegieren der Elektroden an das Werkstück, was vor allem beim Punktschweißen von besonderer Bedeutung ist. Bei einem langsamen Stromabfall kann sich das Gefüge der Schweißlinie besonders gut ausbilden, lange Stengelkristalle werden von der äußeren Grenze nach dem Innern wachsen und beim Scherzerreiversuch reißt die Linse in der Blechauflageebene auseinander, da die Zone des schwammigen Globulargefüges sehr schmal und somit eine Neigung zur Spannungskorrosion, die dort ihren Ausgang hat, sehr gering ist. Haben sich jedoch Risse außerhalb der Schweißlinse gebildet, was sich z. B. auf ein Schieben der Elektroden oder eine Korngrenzsubstanz mit sehr niedrigem Schmelzpunkt zurückführen läßt, dann können beim Scherzerreiversuch die Punkte ausknöpfen, da das Gefüge der Übergangszone zwischen Grundmaterial und Schweißlinse

gestört ist. Man sieht also daraus, daß nicht nur das Druck- und Stromprogramm, soweit dies erforderlich ist, genau auf den jeweiligen Werkstoff eingestellt werden müssen, sondern daß auch noch verschiedene andere Voraussetzungen, wie Kontaktwiderstand der Bleche, Elektrodenform, Elektrodenzustand und exakte Arbeitsweise der Maschine erfüllt sein müssen.

Die Prüfverfahren, die sich einerseits mit den Funktionen der Maschine befassen, viel wesentlicher aber die hergestellten Schweißpunkte kontrollieren sollen, sind mannigfaltig. Mittels einer sekundären Strommessung über einen Stromwandler und einer Druckmessung mittels Druckmeßbügel, -dose oder -indikator und nachgeschaltetem Oszillographen lassen sich Stromhöhe, Stromzeit und Elektrodenkraft exakt registrieren und überwachen (Abb. 5). Bevor jedoch mit der eigentlichen

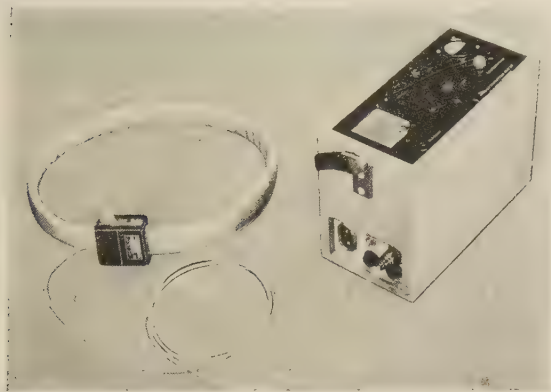


Abb. 5. Impulsstrommesser mit Rogowski-Gürtel

Schweißung begonnen wird, die Daten der Schweißmaschinen werden zunächst an Hand von Richtwerten eingestellt, ist es empfehlenswert, Probeschweißungen an speziellen Probeplatten, ähnlich der Norm DIN 50124 vom Mai 1943, mit 25 aufeinanderfolgenden Einzelpunkten durchzuführen (Tab. I). Durch die Ausknöpf- oder Abscherprobe läßt sich feststellen, ob mit diesen

Richtwerten genügend große Schweißpunktdurchmesser $5 \sqrt{\text{Blechdicke}}$ erhalten werden konnten. Sodann werden die geschweißten Probeplatten zuerst auf Oberflächenfehler geprüft, wobei folgende Fehler nicht zulässig sind: Risse, Anlegieren der Elektrode, Klaffen der Bleche, Eindringen der Elektroden über 10% der Gesamtlechdicke sowie Herausspritzen von Metallen zwischen den Blechen. Im Anschluß daran werden die Schweißungen einer Röntgengrobstrukturuntersuchung unterzogen. Bei dieser z. Z. einzigen zerstörungsfreien Materialprüfung zeigt sich sofort, ob die erstellten Schweißpunkte frei von Rissen, Gasblasen, Lunkern sind und außerdem läßt sich der Schweißlinsendurchmesser, auf den am Anfang dieser Ausführungen schon eingegangen wurde, ausmessen. Von den 25 untersuchten Schweißpunkten werden zwei, die das schlechteste Ergebnis zeigten, zusammen mit drei weiteren Schweißungen metallographisch untersucht, die Schlifffläche ist dabei durch den Linsenkern senkrecht zur Blechoberfläche zu legen. Durch diese Untersuchung lassen sich Gefügeausbildung, Schweißfehler, wie Lunker, Warmrisse, Gasblasen, Bindungsfehler und die Größe der Schweißlinse genau ermitteln. Die Schweißlinse soll in Stromflußrichtung eine Ausdehnung zwischen 20...80% der Gesamtlechdicke besitzen. Fehler in der Schweißlinse sind nach den amerikanischen Bedingungen MIL-W-6858 A bis zu einem gewissen Ausmaß zugelassen, so soll z. B. die Ausdehnung einzelner Fehler nicht mehr als 10, 15 bzw. 25% des Linsendurchmessers je nach Schweißgüteklasse A, B bzw. C betragen und nicht näher als 15% der Blechdicke an die Grenzen des Schweißpunktes heranreichen. Die restlichen 20 Schweißpunkte werden sodann einer Scherzugfestigkeitsprüfung unterzogen, deren Ergebnis zeigt, ob mit den eingestellten Maschinendaten die geforderten Mindest- und Durchschnittszerreißwerte erreicht wurden. Solche Prüfungen sowohl der Maschinenfunktion als auch der geschweißten Punkte sind nicht nur zu Beginn einer Schweißung durchzuführen, sondern müssen laufend während der Fertigung durchge-

Tabelle I. Richtwerte für Punktschweißen von Aluminium und Al-Legierungen

ein- phasige Schweiß- maschinen	Blechdicke mm	Schweiß- strom kA	Elektroden- kraft kp	Schweißzeit Perioden
	0,5	18	150	4
	1,0	31	270	7
	1,5	35	330	8
	2,0	40	380	8
	2,5	53	460	12
	3,0	69	560	12
drei- phasige Schweiß- maschinen	Blechdicke mm	Schweiß- strom/ Nachwärm- strom kA	Schweiß- kraft/ Nachpreß- kraft kp	Schweißzeit/ Nachwärmzeit Perioden
	0,5	30	250	1
	1,0	40/11,5	325/850	1/3
	1,5	52/16,5	550/1 250	2/4
	2,0	65/24	850/1 825	3/5
	2,5	79/32,5	1 225/2 650	3/7
	3,0	96/42,5	1 650/3 600	4/8

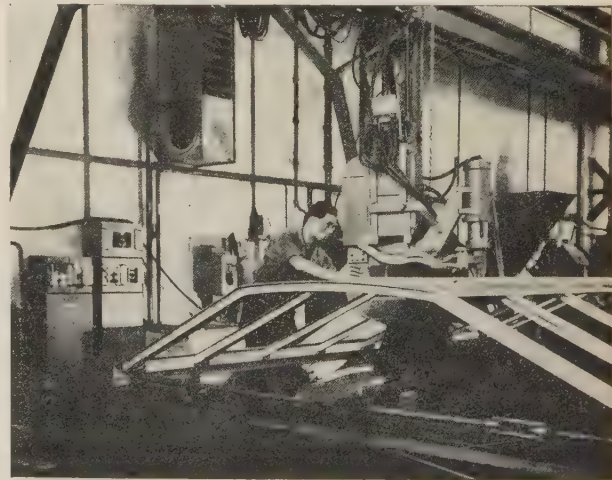


Abb. 6. Güterwagen der Siegener Eisenbedarfs-AG. Punktschweißen der Dachkonstruktion

führt werden. Eine viel umstrittene Frage ist die Größe der anzuwendenden Schweißzeit. Bei zu niedrigen Schweißströmen führt eine beliebig lange Schweißzeit nicht immer zum Erfolg, wenn durch die Wärmeleit-

fähigkeit der Werkstücke die Wärmezufuhr pro Zeiteinheit nicht ausreichend ist, außerdem ist sie unwirtschaftlich, da nur ein Teil der erzeugten Wärme für die Schweißung zur Verfügung steht. Auch der Versuch vor dem Kriege, durch lange Schweißzeiten bei niedrigen Strömen und Elektrodenkräften Risse und Poren in den Schweißlinzen zu beseitigen, war nicht immer, je nach Werkstoff, ein völliger Erfolg, da hierbei große Wärmeeinflußzonen entstanden, die aus Festigkeits-, Korrosions-, Spannungs- und Verwerfungsgründen zu vermeiden sind. Da die Wärmemenge proportional dem Quadrat des Stromes ist, ist man heute in der Praxis dazu übergegangen, mit kurzen Schweißzeiten und entsprechend hohen Elektrodenkräften einwandfreie Schweißlinzen zu erstellen, die wegen des geringen Gesamtwiderstandes an der Schweißstelle und der hohen Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums hohe Schweißstromstärken erfordern. Auch ist das Schweißen ungleicher Blechstärken bei der Konstruktion zu berücksichtigen, da ob der guten Wärmeabführung durch die Elektrode beim dünneren Blech der Schweißpunkt sich hauptsächlich im dickeren Blech ausbildet. Es soll daher der Dickenunterschied zwischen den zu schweißenden Teilen das Verhältnis 1 : 2,5 nicht übersteigen. Ebenso treten beim Schweißen verschiedener Blechsorten von gleicher Dicke einseitige Linsen auf, und zwar verschiebt sich die Linse nach dem Blech mit der geringeren Leitfähigkeit. Die beiden Abbildungen 6 und 7

zeigen Ihnen verschiedene Anwendungen im Fahrzeugbau.

Diese Ausführungen sollten einen kleinen Überblick darüber geben, worauf es speziell beim Schweißen von Al-Legierungen ankommt, und man kann daraus ent-

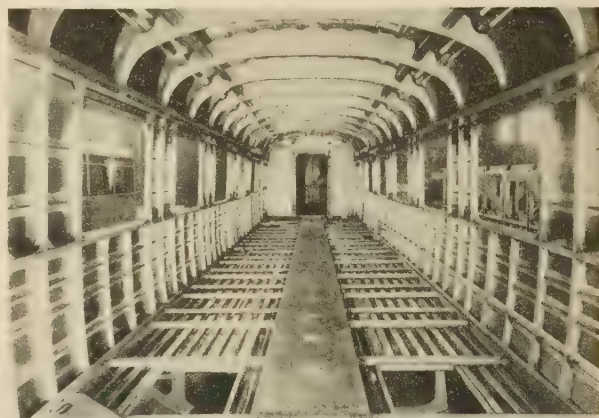


Abb. 7. TEE-Zug der Linke-Hofmann-Busch-Werke, punktgeschweißter Wagenkasten

nehmen, daß es jederzeit möglich ist, Schweißpunkte zu erzielen, die sowohl gefügemäßig einwandfrei sind, als auch den geforderten Festigkeitswerten entsprechen.

Rundschau

Physik

DK 621.311.25 : 621.039.51

Die direkte Erzeugung elektrischen Stroms aus der Kernenergie

Eine neue Vorrichtung zur direkten Umwandlung von Atomenergie in elektrischen Strom innerhalb eines Kernreaktors wurde im geheimen Atombomben-Laboratorium von Los Alamos (Neu-Mexiko) erfolgreich ausprobiert. Sie eröffnet die Aussicht auf eine Herabsetzung der derzeitigen Baukosten für Atomkraftwerke auf die Hälfte dank dem Wegfall der bisher notwendigen Dampfkraftanlagen, und damit die Möglichkeit der Senkung der Erzeugungskosten elektrischer Energie in Atomkraftwerken auf die Höhe des Aufwands in thermischen Kraftwerken, die mit Kohle oder Öl beheizt werden.

Die neue Vorrichtung, ein Thermoelement mit Gasplasma, das den Peltier-Effekt ausnützt, wirkt nach einem völlig anderen Prinzip als die vor kurzem entwickelte Atombatterie, bei welcher die Strahlung radioaktiver Kernreaktor-Rückstände die Stromerzeugung bewirkt, und die nur wenige Watt liefert. Beim neuen Stromerzeuger ist in einem Schalenbehälter eine Pille aus reinem Uran-235 aufgehängt, die von Cäsium in dampfförmigem Zustand umhüllt wird. Die Vorrichtung wird in den Kernreaktor eingesenkt. Die Neutronenstrahlung des Reaktors bringt die Uranpille zur Kettenreaktion, und die beim Zerfall des U-235 erzeugte Hitze bewirkt einen Elektronenstrom vom Uran durch das Cäsiumgas hindurch. Eine solche Zelle arbeitet bei 3,8 V, mit einer Höchststromstärke von 40 A. Mit einer solchen Vorrichtung von der Größe einer Stabbatterie wurde bei den Versuchen eine 25-W-Glühlampe 12 h lang brennend erhalten.

Theoretisch können mit diesem Plasma-Thermoelement 80% der Wärmeenergie des Atomzerfalls in elektrischen Strom umgewandelt werden. Die praktische Grenze dürfte

nahe bei 30% liegen. Dies wäre der Wirkungsgrad von großen thermischen Kraftwerken der heutigen Bauart. Der hohe Wirkungsgrad des Thermoelements liegt in der Möglichkeit der Erhitzung der Uranpille auf 1650°C, eine Temperatur weit höher als die Erhitzungsgrenze der Kernbrennstoffstäbe. Dank der Isolierung der Uranpille durch den Cäsiumdampf ist auch die Korrosion herabgesetzt. Ferner trägt der Umstand, daß die Uranpille langdauernd im Reaktor bleiben kann, zum hohen Wirkungsgrad bei.

Nach Ansicht des Leiters der betreffenden Forschungsgruppe in Los Alamos, Dr. GEORGE GROVER, kommt die neue Plasma-Thermozelle sicherlich für die Energieversorgung in Schiffen und U-Booten, wahrscheinlich auch für Lokomotiven in Betracht; allerdings nicht für Autos, und, nach Ansicht der Atomenergiekommission, als Elektrizitätsquelle für Raketen und Satelliten. Die ersten Anwendungen dürften freilich Spezialverwendungen auf militärischem Gebiet sein. Für die Herstellung solcher Zellen in großer Zahl bestehen keine Hindernisse; diesbezügliche Versuche sollen in Bälde durchgeführt werden.

M. CYBULZ

(Electrical Engineering, Vol. 78 [1959], Nr. 6.)

Kernkraftwerke

DK 621.039.577 (988)

Atomkraftwerk unter dem Grönlandeis. Von F. REICHEL, München.

Zwischen amerikanischen und dänischen Behörden finden gegenwärtig Verhandlungen über die Errichtung eines Atomkraftwerkes unter dem Grönlandeis für die amerikanische Armee statt. Geplant ist die Aufstellung eines 1500-kW-„Army Package Power Reactors“, d. h. eines kleinen Druckwasserreaktors mit leicht transportierbaren Bestand-

teilen. Die Anlage soll für die Militärstation „Camp Century“, die zur Zeit in der Nähe der amerikanischen Luftwaffenbasis Thule (Nordwestgrönland) errichtet wird, Licht- und Kraftstrom liefern.

DK 621.039.57 (410) : 338.7 (410)

Weitere Konzentration in der britischen Atomindustrie.

Von F. REICHEL, München.

Der Konzentrationsprozeß in der britischen Atomindustrie nimmt seinen Fortgang. Nachdem sich unlängst die Gruppen Associated Electrical Industries und Parsons zur gemeinsamen Konstruktion von Atomkraftwerken zusammenschlossen, ist nun ein ähnliches Abkommen zwischen den General Electric Co. und der Simon-Carves einerseits und der Atomic Power Construction Group andererseits getroffen worden.

Elektrische Maschinen

DK 621.313-71

Zur Berechnung der Lüfter elektrischer Maschinen.

J. HAK, Brünn.

Die einzig mögliche Näherungslösung zur Ermittlung des erforderlichen Druckunterschieds P (kg/m^2), der in einer elektrischen Maschine die notwendige Luftmenge Q (m^3/s) ergeben soll, besteht darin, daß man die Strömungswiderstände W einzelner Abschnitte des Strömungsweges gesondert berechnet und bei Annahme hoher Reynoldsscher Zahlen und rauher Kanalwände aus ihrer Summe ΣW den gesuchten Druckunterschied $P = Q^2 \Sigma W$ findet. Im dargestellten Arbeitsgebiet können die Volumen-Druck-Kurven von Lüftern verschiedener Typen durch eine Parabel 2. Grades ausgedrückt werden. Für gerade radiale Schaufeln ist dann einfach $Q = \sqrt{P/\Sigma W}$. Die Strömungswiderstände einzelner Abschnitte sind teils Reibungswiderstände, teils Widerstände durch Änderung der Strömung. Diese letzteren können auf die Form $W = (\varrho/2) \xi/S^2$ mit ϱ = Dichte (kg/m^3), S = Querschnitt (m^2) und ξ = Widerstandsbeiwert, überführt werden. Bei der vereinfachten Annahme, daß alle Strömungswiderstände in der Maschine von Q unabhängig sind, oder daß wenigstens nur ein kleiner Anteil von ihnen diese Bedingung nicht erfüllt, können dann verschiedene, in elektrischen Maschinen vorkommende Aufgaben gelöst werden. So kann z. B. für parallel geschaltete Strömungswiderstände oder für mehrfach-parallel und reihen-parallel geschaltete Widerstände der resultierende Ersatzwiderstand gefunden werden. Auch Netze von Strömungswiderständen, die zwei Lüfter enthalten, wie sie z. B. in Maschinen mit radialen Lüftungskanälen im Laufer und Ständer vorkommen, sind mit Hilfe von Strömungswiderständen einer übersichtlichen Näherungslösung zugänglich.

Als ein Sonderfall der Anwendung von Strömungswiderständen wird die von C. J. FECHHEIMER an einem Kanal mit Abzweigungen gemessene „Widerstandskurve“, die für den Turbogeneratorenbau wichtig ist und als „unerklärlich“ bezeichnet wurde, näher untersucht und gezeigt, daß sie im Gegenteil, bei richtiger Anwendung von Strömungswiderständen, gut den physikalischen Vorgängen entspricht.

Zum Schluß wird darauf hingewiesen, daß der gesamte Strömungswiderstand einer elektrischen Maschine mit eingebautem Lüfter mit einfachen Mitteln gemessen werden kann. Es wird der thermische Volumenmesser (Thomsonscher Zylinder) zur Messung von Q empfohlen, wobei die Genauigkeit der Messung durch vorgeschaltete geeichte Strömungswiderstände erhöht werden kann. Die umständliche und unsichere Messung von Druckunterschieden, die an elektrischen Maschinen oft ganz unmöglich ist, fällt dann vollständig weg.

(ETZ-A, Bd. 80 [1959], H. 9, S. 264 ... 268, 10 Abb., 1 Tab., 14 Qu.)

Gleichrichter

DK 621.314.632 : 669.783

Betriebserfahrungen an Germanium-Gleichrichtergeräten.

Von E. SCHRÖTER, Belecke/Möhne.

Ein Vergleich der elektrischen Werte von Selen-, Germanium- und Silizium-Zellen zeigt den wesentlichen Vorteil des Germanium-Gleichrichters, nämlich seinen geringen Durchlaßspannungsabfall von nur etwa 0,6 V gegenüber etwa 1,2 V bei Silizium und 1,4 V bei Selen. Daraus ergibt sich, daß der Wirkungsgrad von Germanium-Gleichrichtersätzen besser ist als der mit Selen und auch Silizium, so lange man sich in dem Bereich der Gleichspannung bewegt, die ohne Reihenschaltung von Gleichrichterelementen erzeugt wird. Aber auch bei der Reihenschaltung von zwei Elementen erhält man noch Wirkungsgrade, die dem des Silizium-Gleichrichters gleich sind. Beim augenblicklichen Stand der Germanium-Elemente lassen sich in der Doppelsternschaltung mit Saugdrossel Gleichspannungen bis etwa 70 V und in der Drehstrom-Brückenschaltung etwa bis 150 V erzeugen. Mit Silizium-Elementen ließen sich Spannungen bis 150 V auch in der Doppelsternschaltung mit Saugdrossel bei gleichem Wirkungsgrad wie mit Germanium erzeugen, jedoch benötigt man dann einen gegenüber der Brückenschaltung teureren Transformator. Der Germanium-Gleichrichter bietet daher auch im Gebiet bis 150 V unbestreitbare Vorteile. Der genannte Spannungsbereich ist interessant z. B. für die Galvanotechnik, die Elektrolyse, das Laden und Puffern von Batterien, den Netzbetrieb und das Lichtbogen-schweißen. Durch den besseren Wirkungsgrad ergeben sich beträchtliche Ersparnisse an Betriebskosten gegenüber allen anderen Gleichrichterarten. Im Vergleich zum Selen-Gleichrichter ist der Platzbedarf merklich geringer. Der geringe, belastungsabhängige Spannungsabfall verkleinert außerdem den Aufwand für Stell- und Regeleinrichtungen.

Gegenüber dem Silizium-Element tritt der Trägerstau-effekt hier noch nicht störend in Erscheinung, so daß eine Beschaltung der einzelnen Gleichrichter-Elemente mit Kondensatoren und Widerständen entfallen kann. Es werden lediglich bedämpfte Kondensatoren parallel zur Primär- oder Sekundärseite des Transformators geschaltet, um Spannungsspitzen, die beim Ein- und Ausschalten auftreten oder aus dem speisenden Wechselstromnetz kommen, abzuleiten und vom Gleichrichtersatz fernzuhalten. Für den Schutz gegen strommäßige Überlastungen stehen Spezialsicherungen zur Verfügung. Die Kühlung der Elemente erfolgt im allgemeinen durch einen Lüfter in Verbindung mit geeigneten Kühlkörpern. Dabei ist aber zu bedenken, daß der Lüfter auch eine Durchwirbelung der Luft im gesamten Gerät zur Folge hat. Enthält die Luft aggressive Bestandteile, so sind die Einbauteile durch Korrosion gefährdet. Die Germanium-Elemente selbst sind durch ihre völlige Kapselung aber geschützt. Wo die Umgebungsbedingungen für die Luftkühlung ungeeignet sind (z. B. in bestimmten chemischen Betrieben) und wo Kühlwasser günstig zur Verfügung steht, wird Flüssigkeitskühlung angewendet. Aus der für das Germanium-Element festgelegten Grenztemperatur von 65°C in der Sperrschicht entstehen im allgemeinen, also bei üblichen Umgebungstemperaturen von 35 ... 40°C keine Nachteile. Auf Grund der genannten Vorteile hat die AEG von Anfang an auch neben den Silizium-Gleichrichtern die Germanium-Gleichrichter entwickelt und gefertigt.

Im Jahre 1935 wurde für Versuchszwecke ein Gerät für 28 kW bei 30 V und 560 A gebaut. Ihm folgten zur weiteren Erprobung ein Gerät für 60/72 V und 200 A für die Stromversorgung eines Wählamtes, ein Elektrolyse-Gleichrichter für 100 kW bei 50 V und 2 kA und ein geregeltes Batterie-Ladegerät für 14,4 kW bei 80/96 V und 120 A. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen wurden weitere Geräte für Elektrolyse und Galvanik mit Spannungen zwischen

12 und 60 V bei Strömen von mehreren tausend Ampere gebaut. Nach den hierbei erzielten guten Erfolgen wurde der Einsatz von Germanium-Gleichrichtergeräten verstärkt, wovon besonders erwähnt werden sollen: eine Netzstromversorgung für 230 V und 2 kA, eine Versuchs-Triebwagen-ausrüstung für 1 kV und 300 A, eine Lade-Anlage für Batterien von Abbaulokomotiven für 54/65 V und 800 A und ein Mehrstellenschweißgleichrichter für 65 V und 2,5 kA.

Die durchweg sehr günstigen Betriebserfahrungen über den Zeitraum von einigen Jahren haben gezeigt, daß der Germanium-Gleichrichter sich auch in Zukunft in dem Anwendungsbereich behaupten wird, der sich für ihn auf Grund der angeführten Vorzüge ergibt. Damit werden auch die Erfahrungen aus anderen Ländern, insbesondere USA, England und Frankreich, bestätigt, wo Germanium-Gleichrichtergeräte schon in sehr großem Umfange eingesetzt sind.

(AEG-Mitt. 49. Jg. [1959], H. 2/3, S. 108 ... 110, 4 Abb., 2 Qu.)

Apparatebau

DK 621.316.5

Über die Kontaktstellenerwärmung bei Rollkontakten.

Von G. HILGARTH, Solingen-Weyer.

Aufeinander abrollende Kontaktstücke sind erfahrungsgemäß mit wesentlich höheren Strömen belastbar als ruhende Kontakte bei gleicher Kontaktlast. Diese Tatsache ist dem Umstand zu verdanken, daß beim Rollkontakt die jeweils tragenden Kontaktstellen nur sehr kurzzeitig die Stromleitung übernehmen, um bald darauf von anderen Kontaktstellen abgelöst zu werden. Es ist darum möglich, über rollende Kontakte Ströme fließen zu lassen, die bei ruhenden Kontaktstücken zu Schmelzerscheinungen an der Kontaktstelle führen würden.

Dieses günstige Verhalten wurde bei der Entwicklung mechanischer Stromrichter, sogenannter Rollstromrichter, ausgenutzt, so daß sich verhältnismäßig leichte und einfache Kontaktsysteme ergaben.

Der Aufsatz beschreibt Versuche, die zur Klärung der Frage dienen sollten, wie viele Kontaktpunkte gleichzeitig bei den mit einer Geschwindigkeit von etwa 1175 cm/s aufeinander abrollenden zylindrischen Kontaktstücken Strom führen. Mit Hilfe einer Kondensatoranlage wurde ein kurzzeitiger Stromstoß in Form einer stark gedämpften Schwingung über das Kontaktsystem geleitet, dessen Stromstärke so groß gewählt war, daß die Kontaktstellen schmolzen. Der Stromstoß war ferner so kurz gewählt worden, daß für die Zeit des Stromflusses das Kontaktsystem als in Ruhe befindlich angesehen werden konnte. Aus der Zahl der bei verschiedenen hohen Stromstößen geschmolzenen Kontaktstellen, die unter dem Mikroskop ausgezählt und ausgemessen werden konnten, wurde auf die Zahl der im Normalbetrieb gleichzeitig stromführenden Kontaktpunkte geschlossen.

Es wurde festgestellt, daß bei den benutzten zylindrischen Kontaktrollen, die bei Kontaktlasten von 20 ... 30 kp auf Rollbahnen von 18 mm Breite abrollten, etwa 20 punktförmige Kontaktstellen gleichzeitig bestehen können.

Zur rechnerischen Ermittlung der örtlich auftretenden Temperaturen an den Kontaktpunkten wird der Rollvorgang in ruckartige Bewegungen zerlegt und der Vorgang somit auf Verhältnisse zurückgeführt, wie sie bei ruhenden Kontakten bestehen. Aus den abgeleiteten Formeln für die Temperatur und für die Grenzstromstärke ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung mit den experimentell gefundenen Ergebnissen.

In einem Vergleich zwischen ruhenden und rollenden Kontakten werden die für den Rollkontakt sich ergebenden Vorteile diskutiert.

(ETZ-A, Bd. 80 [1959], H. 10, S. 301 ... 305, 9 Abb., 1 Tab.)

Schalterbau

DK 621.316.545

Ölströmungsschalter für Kurzunterbrechung. Von G. BROCKHAUS, Ratingen.

Kurzunterbrechung, früher auch Kurzschlußfortschaltung oder Schnellwiedereinschaltung genannt, ist ein erstmalig in den Vereinigten Staaten vorgeschlagenes Verfahren zur Störungsbeseitigung durch kurzzeitiges Abschalten eines Netzes, in dem ein Kurz- oder Erdschluß durch Lichtbogen aufgetreten ist. Schon eine kurze spannungslose Pause von rund 0,1 s genügt meist, um einen in einem Freileitungsnetz entstandenen Lichtbogen zum Erlöschen zu bringen und die Überschlagsstrecke soweit zu entionisieren, daß an der gestörten Stelle die Betriebsspannung gehalten wird. Die Kurzunterbrechung ist dann erfolgreich, wenn nach der Wiedereinschaltung der Störungsanlaß nicht mehr vorhanden ist. Andernfalls muß ein zweites Mal abgeschaltet werden.

In verkabelten Netzen treten derartige Störungen kaum auf. Das Verfahren ist in erster Linie zur Beseitigung von Gewitterstörungen in Freileitungsnetzen entwickelt worden und wird schon jetzt im großen Umfang in Netzen von 100 kV und darüber angewendet. In Anlagen der mittleren Spannungsreihen von 10 ... 30 kV ist die Einsatzmöglichkeit geringer, aber auch hier ist, vorwiegend in ländlichen Bezirken, der Anteil an Freileitungen noch so hoch, daß sich die Anwendung der Kurzunterbrechung durchaus lohnt. Die Zeit der spannungslosen Pause wird meist zwischen 0,2 und 0,3 s gewählt. Bei der Kürze der Stromunterbrechung sind auch bei empfindlichen Verbrauchern keine nachteiligen Folgen im Betrieb zu erwarten.

Die Steuerung der Schalter übernimmt im allgemeinen ein getrenntes Kurzunterbrechungs-Relais (KU-Relais), in dem die gewünschte Länge der spannungslosen Pause eingestellt werden kann. Das KU-Relais kann je nach Aufbau Aufgaben des Distanzschutzes u. dgl. mit übernehmen.

Die wiederholte Abschaltung eines hohen Stroms mit einer Pause von rund 0,3 s stellt besondere Ansprüche an die Löschigenschaften der Schalter. In der Löschkammer eines modernen ölarmen Leistungsschalters ist üblicherweise die Ölmenge enthalten, die zur sicheren Löschung des Abschaltlichtbogens benötigt wird. Bis zur nächsten Schaltung muß die Kammer wieder mit der notwendigen Menge Frischöl versehen sein, wenn man nicht bewußt so groß bauen will, daß das vorhandene Öl für zwei oder mehr Schaltungen ausreicht. Auch dann wird der Schalter bei der zweiten Ausschaltung nicht ohne weiteres die volle Abschaltleistung beherrschen, da die in der Kammer zurückgebliebene Gasmenge die Löschigenschaften des Schalters verändert. Eine zwangsläufige Neufüllung der Löschkammer mit Frischöl wird dagegen auch für die zweite und weitere Abschaltungen die gleichen Löschbedingungen schaffen.

Bei Ölströmungsschaltern wird während der Abschaltung Öl in den Lichtbogen gespritzt, um ihn zu kühlen und dadurch, wenn die nötige Löschdistanz erreicht ist, den Strom im Nulldurchgang zu unterbrechen.

Damit auch bei wiederholter Abschaltung eine genügende Menge Frischöl in dem Lichtbogenbereich ist, wurde vorgeschlagen, geeignete Ventile in den Schalter einzubauen. Um aber mit Sicherheit das nötige Löschmittel zur Verfügung zu haben, ist die Verwendung einer zusätzlichen Pumpeinrichtung zweckmäßig, die beim Einschalten des Schalters betätigt werden muß. Ein so ausgerüsteter Kurzunterbrechungsschalter wurde im Prüffeld einer westdeutschen Spezialfabrik für Schaltgeräte und, von dieser veranlaßt, auch in dem Prüffeld der Kema in Arnheim (Holland) geprüft. Die Versuche zeigten, daß bei der ersten und zweiten Ausschaltung die gleichen Löschbedingungen vorliegen. Bei einem Schalter für Kurzunterbrechung müssen auch an den Antrieb besondere Anforderungen gestellt werden, da mindestens drei Schaltbewegungen (Aus-Ein-Aus) gespeichert sein müssen. Ein Federkraftspeicher, der mit einer

gewundenen Biegefeder arbeitet, wie sie aus Taschenuhren, allerdings in gänzlich anderen Dimensionen, allgemein bekannt sind, ist für die Erfüllung dieser Forderungen besonders geeignet. Die Anzahl der einzelnen Schaltspiele ist dabei lediglich von der Auslegung der Biegefeder abhängig.

(Elektrizitätswirtschaft Bd. 58 [1959], H. 10, S. 365... 368, 4 Abb.)

Chemie

DK 621.355.8 : 629.113.65-474.1

Stahlakkumulatoren mit Nickel-Cadmium-Elektroden für Elektrokarren. Von H. ANDERS, Ludwigshafen.

Die Wirtschaftlichkeit von Elektrokarren und Staplern wird durch die Verwendung von Nickel-Eisen-Stahl-Elektrokarren-Batterien größer, die für einen gleichmäßigen Betrieb ohne Störungen durch Reparatur, Plattenerneuerung usw. Sicherheit gewähren.

Zum Aufbau des Nickel-Eisen-Stahlakkumulators, auch der Zellengefäße, Platten und Polbolzen, dient ausschließlich Stahl hoher Festigkeit, der auch die aktiven, arbeitenden Massen schützend umhüllt. Blei oder dessen Verbindungen kommen nicht zur Anwendung, ebenso nicht Schwefelsäure. Als Elektrolyt des Nickel-Eisen-Stahlakkumulators dient Kalilauge mit einem spezifischen Gewicht von 1,18. Bei Ladung und Entladung bilden sich keine neuen Verbindungen, sondern es treten nur Oxydierungen bzw. Reduzierungen der Platten ein. Der Elektrolyt verändert sich nicht. Dieser Vorgang kann, da fast kein Substanzverlust eintritt, sehr oft wiederholt werden; es gibt also keinen Verschleiß. Die Kapazität ist auch bei verhältnismäßig hohen Entladeströmen konstant.

Für die Betriebsbedingungen bei Elektrokarren sind im Laufe der Jahre spezielle, mechanisch und elektrisch robuste Nickel-Eisen-Batterien¹⁾ entwickelt worden. Für diese Batterien werden ausschließlich Nickel-Eisen-Zellen mit Taschenplatten verwendet. Hierbei können die Platten sehr dünn gehalten werden, wodurch die gesamte aktive Masse gleichzeitig in Funktion tritt. Der innere Widerstand ist gering, viel kleiner als bei allen ähnlichen Akkumulatorsystemen. Der Nickel-Eisen-Stahlakkumulator weist daher auch bei starker Belastung nur einen geringen Spannungsabfall auf und die Kapazität ist verhältnismäßig unabhängig von der Entladestromstärke.

Die Spezialzellen werden luftisoliert in Batteriekästen aufgehängt und in Eisentrögen zu Batterien zusammengefaßt, eine Methode, die sich bisher am besten bewährt hat. Durch diese Konstruktion wird eine gute Dauerkühlung der Zellen erreicht, was von besonderer Wichtigkeit bei starken Lade- und Entladeströmen ist. Außerdem wird die Möglichkeit für das Entstehen von Kriechströmen durch Staub und Feuchtigkeitseinflüsse auf ein Minimum herabgesetzt und Korrosionen weitgehend verhindert. Die Bauform der Batterie-Ventile gestattet es, die Zellen stets, auch während der Ladung, geschlossen zu halten. Die normale Ladezeit beträgt nur 5 h. Bei Nickel-Eisen-Stahlakkumulatoren ist aber auch eine Aufladung in kürzerer Zeit möglich. Durch die sogenannte Schnellladung kann man während eines Arbeitstages 2,5mal die Nennkapazität der Batterie entladen. Es gibt spezielle Traktions-Batterien, die nach 15- bis 20jährigem Betrieb noch immer zufriedenstellend arbeiten. Unter Zugrundelegung von nur 300 Entladungen pro Jahr bedeutet das, daß der Eisen-Nickel-Stahlakkumulator weit über 4 000 Entladungen ohne Plattenerneuerung standhält.

Die Batterien für Elektrokarren und Stapler werden passend für Fahrzeuge der verschiedenen Herstellerfirmen in genormten Trögen, Form C als Hängetrog mit Tragepatzen und Form D als Standtrog, geliefert für Spannungen

von 80 V mit 64 Zellen, 40 V mit 32 Zellen und 24 V mit 20 Zellen. Dies ist in nachstehender Zahlentafel näher ausgeführt:

Tabelle I

Batterietrog DIN 43572	Kapazi- tät Ah	Span- nung V	Zellen- zahl	Abmessungen in mm		
				Breite	Länge	Höhe
C 780	140	40	32	535	780	425
C 1080 n	140	80	64	810	1 080	425
C 1065	150	80	64	810	1 055	455
C 1080	160	80	64	810	1 080	460
C 1080	180	80	64	810	1 080	480
C 1080 h	200	80	64	810	1 080	520
C 1355	240	80	64	810	1 355	520
D 1080 n	140	80	64	810	1 080	425
D 1080	160	80	64	810	1 080	460
D 1080 h	200	80	64	810	1 080	520

Für Elektrokarren, auch älterer Typen, deren Batterieträge nicht genormt sind, sowie für Gabelstapler, Hubkarren, Kräne, Zugkarren usw. sind passende Nickel-Eisen-Standardbatterien vorhanden, z. B.:

Tabelle II

Fabrikat und Typ des Karrens	Kapazi- tät Ah	Span- nung V	Zellen- zahl	Abmessungen in mm		
				Breite	Länge	Höhe
AEG K 752	70	40	32	440	727	394
AEG EK 1504	70	80	64	585	1 041	394
AEG EK 2002 D	122	80	64	596	1 230	440
Bergmann	110	80	64	765	1 065	455
Bergmann P 2004	120	80	64	765	1 065	455
Bergm. u. Talbot	150	80	64	785	1 044	460
Bleichert EK 1002	65	80	64	548	890	416
Bleichert K 751	100	40	32	525	660	420
Bleichert K 1500	200	40	32	792	900	500
Borgward	225	40	32 (2 Tröge)	770	446	450
Me K 1501	70	80	64 (2 Tröge)	415	695	410
ME EK 1001	90	80	64 (2 Tröge)	416	690	450
ME K 1002	140	40	32	532	786	425
Miag EK 2000	110	80	64 (2 Tröge)	510	830	440
Miag FK 1202 E	106	80	64	610	880	475
SSW L 1500	100	80	64 (2 Kästen)	506	652	415
Still EKF 1202	100	80	64	640	990	430
Still Multi	170	24	20	475	515	495

Es sei aber noch vermerkt, daß diese Batterien nicht nur für Elektrokarren und Elektrostapler geeignet sind, sondern auch anderweitige Anwendung in der Transport- und Fahrzeugtechnik finden.

DK 553.463 (71) : 669.27

Umfangreiche Wolframfunde in Kanada. Von F. REICHEL, München.

Erhebliche Funde an Wolframerz sind im äußersten Norden Kanadas entdeckt und auch durch Probebohrungen bestätigt worden. Die Vorkommen liegen in den Nordwestterritorien zwischen dem South-Nahanni-River und der Grenze des Yukon-Territoriums. Die Erzlager werden auf eine Million Tonnen mit einem Gehalt an reinem Wolfram von 50 Mill. lb. geschätzt. Man nimmt an, daß es sich bei diesem schon 1958 gemachten, bis jetzt aber geheimgehaltenen Fund um das größte Wolframvorkommen in der westlichen Welt handelt. Kanada selbst verfügte bisher nur über kleinere Wolframlager in Britisch-Kolumbien und in der Provinz Ontario, wo es als Nebenprodukt der Goldförderung gewonnen wurde. In Kanada wurde Wolfram aber nur während des Krieges produziert. Die Verwendung von Wolfram (Tungsten) im amerikanischen Raketenwesen hat nun aber das Interesse an dem seltenen Metall wieder stark wachsen lassen und man hofft, die Funde am Nahanni-River schon 1961 abbauen zu können.

¹⁾ Hersteller: NIFE-Stahlakkumulatoren GmbH, Berlin-Steglitz.

Die wichtigen neuen Wolframlager befinden sich in den Händen der Canada Tungsten Mining Corporation, einer Gesellschaft, der verschiedene Bergwerksunternehmen, darunter auch die Dome Mines (Gold), angehören. Die Teilhaber verfügen über genug Kapital, um die Bergwerksanlagen an Ort und Stelle zu errichten. Man rechnet mit notwendigen Anlagen im Werte von 5 Mill. \$. Das Wolframlager befindet sich abseits jeglicher Verkehrsverbindungen; da aber pro Tonne verarbeiteten Erzes ein Gewinn von \$ 1 190,— erzielt werden kann, hält man es für lohnend, das Wolframkonzentrat per Flugzeug zu befördern. Dieses kostspielige Transportmittel hat man in Kanada bisher nur für Urkonzentrat und Gold angewandt.

(Neue Züricher Zeitung, 8. 1. 1960.)

Werkstoffe

DK 669.14.89-41 : 678.67

Erweiterter Anwendungsbereich für kunststoffverkleidete Bleche. Von H. HEINER, Krefeld, Deutschland.

Über die Verarbeitung, Bearbeitung und Anwendungsmöglichkeiten von kunststoffverkleideten Blechen erfahren wir nach dem jüngsten Stand der Entwicklung folgende neue Einzelheiten:

Skinplate ist ein Stahl-, in besonderen Fällen auch Aluminium- oder Magnesiumblech, das auf einer Seite mit einem Plastiküberzug versehen ist. Die andere Seite ist gebondert und kann ohne weiteres gestrichen oder gespritzt werden. In Sonderfällen kann die blanke Seite mit einer Grundier- oder Lackschicht geliefert werden, oder ebenfalls mit einem Plastikfilm versehen werden. Das Deckmaterial ist eine aufgewalzte Plastikfolie aus PVC in den Stärken von 0,15, 0,20, 0,25 und 0,30 mm.

1) Anwendungsbereich

Das wesentliche an *Skinplate* ist, daß es konstruktives Element und dekoratives Element zugleich ist. Seinen hauptsächlichen Anwendungsbereich findet *Skinplate* dort, wo es anstelle von einem Konstruktions- und einem getrennt davon zu verarbeitenden Dekorationselement (z. B. Holz- oder Kunststoffplatten, Bekleben mit Stoffen, Emaillierung usw.) eingesetzt wird. Anwendungen u. a. für Rohre, Rinnen, Behälter für Säuren, Laugen u. ä., die Metall zerfressen, gegen die aber PVC (polymerisierte Vinylharze) unempfindlich ist; ferner im Fahrzeugbau für Zwischenwände, in der Möbelherstellung, insbesondere für Büromöbel, Schreibtische, Küchentische, Eisschränke, Aufzugskabinen, Wandverkleidungen in Krankenhäusern und Küchen, u. v. m.

2) Eigenschaften

Durch die völlige Verschmelzung von Stahl und Kunststoff vereinigen sich in *Skinplate* die hervorragenden Eigenschaften beider Stoffe. *Skinplate* ist verschleiß- und kratzfest, dehnungsstabil bis 120°C, absolut korrosionsbeständig, da es eine porenfreie Oberfläche besitzt, feuchtigkeitsbeständig und fleckenunempfindlich, widerstandsfähig gegenüber den meisten Chemikalien, zigarettenfest (die Hitzebeständigkeit des fertigen Produktes *Skinplate* ist wesentlich höher als die des PVC-Filmes allein) und nicht brennbar, schallschluckend und isolierend.

3) Chemische und physikalische Eigenschaften von *Skinplate*

Nachstehende Versuche wurden mit einer Filmschicht von 0,20 mm gemacht:

3,1) Haftungsversuche

Der Plastikfilm haftet vollkommen auf dem Blech. Es bilden sich eher Risse auf der Oberfläche, als daß sich der Überzug vom Blech löst. *Skinplate* ist einwandfrei um 180° biegefähig.

3,2) Chemische Versuche

Bei einem Test von 200 h Dauer mit Fruchtsäurenebel — entspricht einer normalen Beanspruchung von etwa 20 Jahren — zeigte die Oberfläche keinerlei Veränderungen. Wichtig ist, daß *Skinplate* bei der Verarbeitung mindestens eine Temperatur von 15...20°C aufweist, da der Kunststoff-Film thermoplastisch ist.

4) Verarbeitung

4,1) Tiefziehen und Prägen

Für das Tiefziehen von *Skinplate* können die üblichen, zum Verpressen von Qualitätsblechen geeigneten Werkzeuge eingesetzt werden, jedoch ist darauf zu achten, daß die Gesamtstärke von *Skinplate* (Blechstärke und Filmstärke) nicht die Stärke, auf die das Werkzeug vorher eingerichtet wurde, überschreitet. Das bedingt, in einigen Fällen *Skinplate* einzusetzen, das eine geringere Blechstärke aufweist als das vorher verpreßte Blech. Bei der Verpressung von *Skinplate*-Tafeln wird das Werkzeug wie für normales Blech gefettet. Die hervorragende Tiefziehfähigkeit von *Skinplate* gestattet auch die Herstellung von komplizierten Ziehformen, wie z. B. Armaturenbretter. Für das Prägen und Sicken von *Skinplate*-Tafeln gilt dasselbe.

4,2) Kanten, Falzen, Bördeln, Schneiden und Stanzen

Auch hier können die üblichen Maschinen eingesetzt werden, jedoch ist Vorsorge zu treffen, daß die Druckflächen sorgfältig gesäubert werden, um Abdrücke feiner Metallteile im Plastikfilm zu vermeiden.

4,3) Punktschweißen und Nieten

Skinplate kann auf der metallischen Seite punktgeschweißt und genietet werden. Das Verfahren ist im Prinzip sehr einfach: Beide Elektroden werden auf der Metallseite angesetzt und die Verschweißung zwischen *Skinplate* und dem aufzuschweißenden Teil erfolgt wie die genügend bekannte Warzen- oder Buckelschweißung. Wesentlich dabei ist, daß die Schweißzeit auf ein Minimum herabgedrückt wird, und daß die Schweißzone lokalisiert wird, so daß die Kunststoffschicht nicht in den Hitzebereich gerät. Dies ist durch elektronisch gesteuerte Schweißmaschinen, die mit einer Schweißzeit von einer Viertel- bis Achtelperiode arbeiten, möglich. Die Schweißstellen sind auf der dekorativen Seite nicht zu sehen und beeinträchtigen das Aussehen des Kunststoff-Filmes in keiner Weise. Die für diese Schweißung notwendigen *Skinplate*-Schweißmaschinen werden in Deutschland hergestellt. Die meisten elektronisch gesteuerten Schweißmaschinen lassen sich so umbauen, daß wechselweise *Skinplate* oder normales Blech geschweißt werden kann. Dies wird durch auswechselbare Klapptische und Schweißköpfe erreicht. Die Umbaukosten belaufen sich auf DM 2 000,— bis DM 3 000,—. Mit dem oben beschriebenen Schweißverfahren lassen sich

1. Profile aufschweißen sowie Muttern, Außengewinde-träger usw.,

2. zwei *Skinplate*-Tafeln aufeinanderpunkten, nachdem der untenliegende Teil, um den Kontakt herzustellen, vom Plastikfilm befreit wurde. Dies geschieht entweder durch eine rotierende Stahldrahtbürste oder besser, indem der entsprechende Streifen mit einer scharfen Messerspitze abgetrennt, mit einer Lötlampe erwärmt und dann vom Metall abgezogen wird.

4,4) Löten mit Weichlot (Zinn)

Skinplate läßt sich wie jedes normale Blech auf der metallischen Seite mit Zinn verlöten, ohne daß der Film darunter leidet. Es ist jedoch darauf zu achten, daß möglichst wenig Zinn auf die Metallfläche gebracht wird und daß die mit dem Film versehene Seite auf einer vollkommen glatten und sauberen Unterlage ruht.

4,5) Autogenes Schweißen und Rollennahtschweißen

Skinplate-Tafeln lassen sich sowohl autogen als auch mit einer Rollenelektrode verschweißen. Vorher muß jedoch der Kunststoff-Film entfernt werden. Ist dann die Schweißnaht geputzt worden, so wird der freie Streifen wieder mit dem Kunststoff-Film bedeckt, nachdem zuvor ein geeigneter Kleber aufgetragen wurde.

4,6) Kunststoffseitiges Schweißen

Soll die kunststoffseitige Verbindung von zwei *Skinplate*-Tafeln porenfrei sein, wie das z. B. bei der Herstellung von Rohren und Behältern für die chemische Industrie erforderlich ist, so stehen zwei Verfahren zur Verfügung, um dies zu erreichen.

1. Der eingelegte Film wird durch einen Spezialschweißarm, der mit Wärme und Druck arbeitet, mit dem abgrenzenden Kunststoff-Film verschweißt.

2. Die Verbindung des eingelegten Filmes wird erreicht, indem man zwei PVC-Streifen über die Schnitte legt und sie ihrerseits mit den überdeckten Filmen verschweißt.

4,7) Verkleben

Die metallische Seite von *Skinplate* ist gebondert und eignet sich ausgezeichnet, um Lacke oder auch Klebstoffe aufzutragen. Der Plastikfilm ist ebenfalls sehr aufnahmefähig für Klebstoffe. Man kann *Skinplate* auf folgenden Untergrund kleben: Mauerwerk (Beton, Putz, Gips), Holz, Stahl, Aluminium.

4,8) Reparaturen

Ist der Film an einer Stelle schadhaft geworden, so wird ein entsprechender Streifen vom Metall gelöst und die Lücke wieder bedeckt. Filmstreifen und Kleber werden vom Herstellerwerk geliefert.

4,9) Reinigung

Bei jeglicher Verarbeitung läßt sich eine Verschmutzung der Oberfläche nicht vermeiden. Als übliche Reinigungsmittel werden in warmem Wasser gelöstes Rei und in hartnäckigen Fällen Trichloräthylen verwendet.

DK 667.7.031.32 : 621.315.617.4

Drahtlack auf Dispersions-Basis. Von H. HEINER, Krefeld.

Erstmalig in Europa stellt ein westdeutsches Lackunternehmen (die Firma Dr. Kurt Herberts & Co. in Wuppertal) einen Drahtlacktyp auf Dispersions-Basis vor. Der filmbildende Bestandteil besteht aus einem speziellen Acrylnitril-Polymerisationsharz. Als besonderes Kennzeichen ist hervorzuheben, daß der Kunststoff nicht — wie bisher üblich — in organischen Lösungsmitteln gelöst ist, sondern in Wasser dispergiert vorliegt und infolgedessen auch mit Wasser verdünnt werden kann.

Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Drahtlacktypen bestehen die Abgase aus Wasserdampf. Deshalb werden die Maßnahmen zur Bekämpfung der Geruchsbelästigung und der physiologischen Schädlichkeit, die gerade in letzter Zeit in immer stärkerem Umfang gefordert werden, weitgehend unnötig.

Der wichtigste Vorzug des „Standofix-Drahtlackes HERBERTS 2002“ ist seine außergewöhnlich hohe Lösungsmittelresistenz. Zwar liegen auch bei den Drahtlacken auf Terephthalsäurepolyesterbasis gute Lösungsmittelbeständigkeiten vor. Bei ihnen wird jedoch bei Anwendung in hermetisch geschlossenen Maschinen die Hydrolyse-Empfindlichkeit bei höheren Temperaturen und gleichzeitiger Anwesenheit von Wasserdampf (oder von Wasserdampf abgespaltenen Materialien wie z. B. Zellulose-Nutisolationpapier, Preßspan usw.) vielfach als entscheidender Nachteil empfunden.

Als wichtigstes Anwendungsgebiet ist derzeit der Kühlschrankbau anzusehen.

DK 672.61 : 678.675

Leichte Ketten aus Kunststoff. Von H. HEINER, Krefeld.

Rundgliederketten gehören zu den ältesten Konstruktionselementen der Menschheit. Ihre einfache Anwendung und universelle Verwendbarkeit machen sie auch heute noch zu einem vielgebrauchten und wertvollen Hilfsmittel. Für bestimmte Zwecke müssen aber statt des üblichen Stahls Sonderlegierungen verwendet werden, so z. B., wenn Beständigkeit gegen Säuren oder Seewasser verlangt wird. Entsprechend den erforderlichen Legierungen steigen die Preise solcher Ketten recht erheblich, manchmal bis auf das Fünfunddreißigfache.

Es lag daher nahe, daß man sich auf der Suche nach billigeren Werkstoffen für solche Spezialzwecke auch mit der Anwendung von Kunststoffen beschäftigt, die ja außerordentlich korrosionsbeständig und bei Verstärkung durch Glasfasern auch mechanisch fest sind. Es bedurfte langwieriger Versuche, bis es schließlich gelang, Rundgliederketten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen in einem speziellen Wickelverfahren kontinuierlich herzustellen. Neben der außerordentlichen Korrosionsbeständigkeit zeichnet sich die Kunststoffkette durch ihre Unempfindlichkeit gegenüber Seewasser aus, ferner dadurch, daß sie nicht magnetisierbar ist. Interessant sind für verschiedene Fälle die elektrischen und Wärme-Isolationseigenschaften. Selbstverständlich müssen bei den Kunststoffketten einige werkstoffeigene technologische Nachteile in Kauf genommen werden. Das spielt aber in der Praxis keine Rolle, da sie ja die üblichen Stahlketten nicht ersetzen sollen. Dagegen ist mit einer ausgedehnten Anwendung in galvanotechnischen und chemischen Betrieben sowie im Wasserstraßen-Fahrzeichenbau wegen ihrer besonderen Vorzüge zu rechnen. Die Verringerung des Kettengewichtes und ihre Anspruchslosigkeit in bezug auf Pflege wird u. a. für landwirtschaftliche Betriebe von Interesse sein. Das spezifische Gewicht der Ketten beträgt $1,8 \text{ kg/dm}^3$, die Festigkeit, bezogen auf den Glasfaserquerschnitt, 31 kp/mm^2 .

Nachrichten aus Industrie, Gewerbe und Wirtschaft

DK 621.882.3 : 678.675/4

Die Brilok-Nylon-Mutter

Eine Neuerung für Österreich stellt die in mehreren Ländern bereits bestens eingeführte Brilok-Nylon-Mutter dar. Sie verdient auf Grund ihrer vielfältigen Verwendungs-

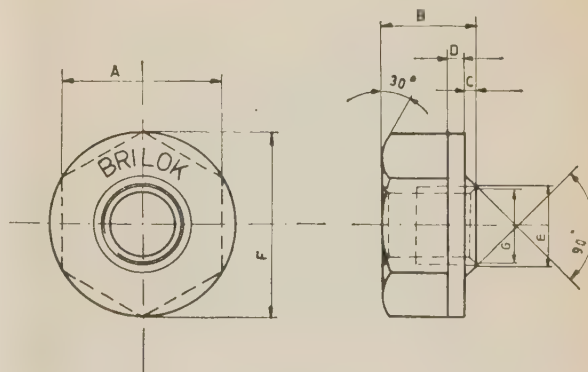


Abb. 1

möglichkeiten näher erörtert zu werden. Es handelt sich hierbei um ein amerikanisches Patent, das in der Schweiz in europäischer Lizenz erzeugt wird.

Die Brilok-Nylon-Mutter ist durchwegs aus Nylon-Polyamiden, mit einem zwischenringartigen Rand versehen, und entspricht in ihren Abmessungen der üblichen Norm. Durch ihr geringes Gewicht (über 50% leichter als Aluminium), ihre Korrosionsfestigkeit, elektrische Isolierung, Stoß- und Vibrationsfestigkeit ist die Brilok-Nylon-Mutter im Flugzeug-, Kraftwagen- und Schiffsbau, bei elektronischen Geräten, Haushaltsapparaten, Metallmöbeln, bei chemischen, medizinischen und photographischen Einrichtungen besonders geeignet. Technische Versuchsanstalten haben die physikalischen Werte untersucht und sind zu günstigen Ergebnissen gelangt. Die praktische Verwendung hat ebenso zufriedenstellende Resultate ergeben.

Schmelzpunkt	260° C
Wärmeempfindlichkeit	bis 140° C unveränderlich
innerer Widerstand	bei 260° C 10/13 Ω /cm
Durchschlagsfestigkeit	15 kV/mm
Dielektrizitätskonstante	3,5 bei 10/6 H
Zugfestigkeit	5...6 kp/mm ²
elastische Dehnung	4...10%
Kugeldruckhärte (50'')	10...11 kp/mm ²
Biegefestigkeit	8...10 kp/mm ²

Es wurde zum Beispiel ein Abscherrbolzen mit einer Brilok-Nylon-Mutter arretiert. Die Abscherrkupplung rotierte mit maximal 700 U/min und war ziemlich Schlagbelastungen ausgesetzt. Da die Brilok-Nylon-Mutter unlöslich blieb, kann sie in ihrer Stoppwirkung als sehr vorteilhaft bezeichnet werden. Die Stoppwirkung wurde dadurch erzielt, da die Brilok-Nylon-Mutter nur einen kurzen Gewindeanschnitt hat und beim Andrehen die Form des Gewindeteiles annimmt. Die steigende Drehkraft übt einen Gegendruck aus, der eine dichte, kraftschlüssige Verbindung mit dem Gewindeteil herbeiführt.

Tabelle 1

A	B	C	D	E	F	G
4,5	4	0,2	0,3	2,4	5,2	M2,3
5	4	0,2	0,4	2,7	5,8	M2,6
5,5	4,5	0,25	0,5	3,2	6,4	M3
6	5	0,4	0,7	3,7	6,9	M3,5
7	5,5	0,55	1	4,3	8,1	M4
9	6,5	0,65	1,2	5,4	10,4	M5
10	7	0,72	1,5	6,4	11,5	M6
14	9,2	0,8	2	8,6	16,2	M8
17	11,5	1	2,5	10,8	19,6	M10
19	13,2	1,2	2,5	12,8	21,9	M12

Die Brilok-Nylon-Mutter wird in den Größen M 2,3, M 2,6, M 3, M 3,5, M 4, M 5, M 6, M 8, M 10 und M 12 naturfarbig geliefert und kann auf Wunsch für Unterscheidungs- oder Zierzwecke auch andersfarbig erzeugt werden. Sie wird neue Absatzmöglichkeiten für die Eisenbranche erschließen.

Gebr. Groh
Wien I, Kärntnerstraße 11

DK 620.197.6 : 678.742.2 : 621.643.2

3 900 000 m² Polyäthylenband zum Schutz einer Erdgasfernleitung.

Das größte je unternommene Projekt zum Schutz einer einzelnen Fernleitung ist seiner Vollendung nahe. Es handelt sich dabei um die Ummantelung mit Polyäthylen eines 2 601 km langen Abschnittes (1 471 km Haupt- und 1 130 km Zweigleitung) der Texas-Florida-(USA-)Erdgasfernleitung, um diese gegen Korrosion zu schützen.

Die Verwendung von aus Union Carbide Polyäthylen hergestellten Streifen ermöglichte der Houston Texas Gas and Oil Corporation, Houston, Texas (USA), eine Einsparung von über 500 Dollar pro Meile oder über 800 000 Dollar für die Gesamtlänge des Abschnittes gegenüber dem herkömmlichen Schutzüberzug mit Teer o. dgl. Es ist zu erwarten, daß ein Polyäthylenüberzug, der auf der Bâton Rouge (Louisiana)–Miami (Florida)-Leitung verwandt wurde, auch eine Senkung der Instandhaltungskosten herbeiführen wird.

Alle unterirdischen Fernleitungen müssen durch Überzüge gegen Korrosion geschützt werden. Die Umhüllung mit wasserundurchlässigen Polyäthylenstreifen schützt gegen oxydationsbedingte Korrosion. Sie verhindert auch galvanische Korrosion, da Polyäthylen ein guter elektrischer Isolator ist. Galvanische Einwirkung setzt ein, wenn sich ein elektrischer Strom zwischen dem Stahl der Fernleitung und den elektrisch entgegengesetzt geladenen Bestandteilen der anliegenden Erde bildet. Ein Schutz gegen einen derartigen Angriff bildet ein der Fernleitung aufgedrücktes entgegengesetzt gerichtetes elektrisches Potential. Die ausgezeichneten Isoliereigenschaften des Polyäthylens erlauben eine Reduzierung des zum Schutz erforderlichen Potentials.

Über 3 900 000 m² Polyäthylenstreifen wurden zum Umhüllen der Leitung zwischen Bâton Rouge und Miami benutzt. Die Streifen sind 1 mm dick. Sie werden spiralförmig um die Leitung von 45,7 cm breiten und 244 m langen Rollen abgewickelt. Die Umwicklung mit Polyäthylen läßt sich erheblich schneller bewerkstelligen als das Überziehen mit Teer u. dgl. In einem Arbeitstag konnte eine einzige mit einer Maschine arbeitende Belegschaft in Florida 5 182 m Leitung umwickeln.

Schweißarbeiten am Vorderende und Bedecken der Leitung mit Erde nach Beendigung der Ummantelung können auf einen Abstand von nur wenigen hundert Fuß bei den polyäthylenumwickelten Fernleitungen gleichzeitig durchgeführt werden, und eine einzige motorbetriebene Ausrüstung genügt zum Reinigen und Umwickeln der Rohrleitung. Dieses rasche Arbeitstempo kontrastiert mit der Langsamkeit anderer Überzugverfahren, die eine lange Trockenzeit erfordern, bevor die Leitung bedeckt werden kann. Wie die am Florida-Projekt arbeitenden Ingenieure berichten, war dieser Faktor besonders wichtig bei sandigem, sumpfigem Terrain, wo Einstürze sehr häufig vorkamen. Das von der Leitung durchzogene Terrain war eines der schwierigsten, das je bei der Anlage von Fernleitungen angetroffen wurde.

Die bei der Ummantelung benutzten Streifen wurden aus einer Union Carbide-Polyäthylenformmasse hergestellt.

UNION CARBIDE INTERNATIONAL COMPANY
Sonderabteilung der Union Carbide Corporation
30 East 42nd Street, New York 17, N. Y., U. S. A.

DK 621.318.56.032.212

Lichtgesteuerte Schalttafelinstrumente. Von R. HÜBNER, Wettingen.

Eine sehr wichtige Anwendung finden Kaltkathodenröhren als Verstärkerelemente für Meßinstrumente mit Photokontakten. In Instrumenten dieser Art (Abb. 1) unterbricht eine am Zeiger 1 befestigte Fahne bei Erreichen eines bestimmten Meßwertes den Lichtstrom, der von einer Kleinglühlampe auf einen Miniatur-Photowiderstand (Abb. 2) fällt. In einem Instrument können ein oder mehrere Photo-

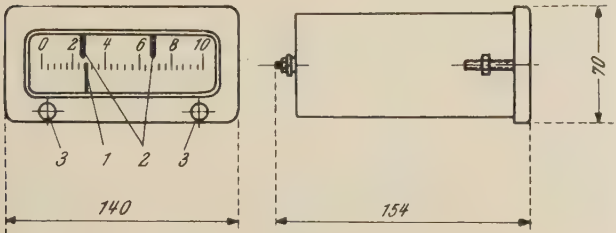


Abb. 1. Maßbild eines lichtgesteuerten Zweipunktreglers (RPP 140) mit Photowiderständen
1 Meßwerk-Zeiger
2 Stellschalter für die Photokontakte
3 Einstellknöpfe für die Photokontakte

widerstände eingebaut werden, die an längs der Skala mittels Knöpfen 3 verschiebbaren Stellschaltern 2 angebracht sind.

Zur Beleuchtung werden zweckmäßig Kleinglühlampen in Spezialausführung für sehr hohe Betriebsdauer benutzt (z. B. Typ GL 3). Es handelt sich dabei um solche, die mit Diffusionspumpen gepumpt und während des Evakuierens gründlich ausgeheizt werden. Sie müssen außerdem eine gettete Wendel besitzen. Die Betriebsspannung soll einerseits möglichst niedrig sein, damit der Glühfaden nicht zu lang und zu dünn wird, andererseits sollen die Ströme nicht unzulässig hoch werden, da sie sonst zu hohe Spannungsverluste ergeben würden. In der Praxis hat sich ein Wert von 6 V als günstig erwiesen, wobei man die Lampe jedoch



Abb. 2. Subminiatur-Photowiderstand (Typ EP 1), für 60 mW maximale Dauerbelastung bei 25° C, bzw. 15 mW bei 70° C; für 220 V~ oder 300 V=, für -40 ... +70° C (kurzzeitig bis 150° C). Lichtempfindliche Fläche 1 x 3 mm, maximale Frequenz 3/s

nicht mit Nennspannung, sondern 25 ... 30% unter diesem Wert, also mit etwa 4,5 V, betreibt.

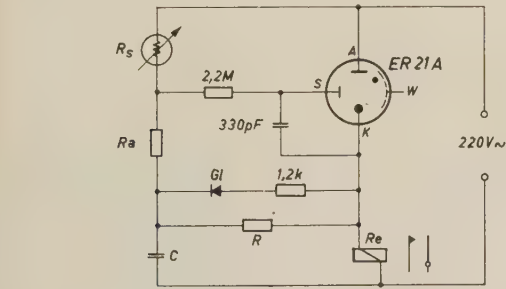


Abb. 3. Intervallschaltung mit Wechselstrom-Kaltkathodenröhre ER 21 A, Photowiderstand EP 1 (R_s), Ausgangsrelais (R_e) mit 1 600 Ω Arbeitswicklung, ohne Verzögerung; diese wird elektrisch durch das RC-Glied bewirkt. R_a ist mit 0,2 ... 2 M zu wählen. Gl ist ein Einweg-Gleichrichter 250 V~/50 mA (z. B. Siemens GL 250y50) (nach Elesta AG, Bad Ragaz, Schweiz)

nicht mit Nennspannung, sondern 25 ... 30% unter diesem Wert, also mit etwa 4,5 V, betreibt.

Die Schaltung des elektronischen Relais geschieht zweckmäßig nach Abb. 3. Wie hieraus hervorgeht, ist diese äußerst einfach. Man kommt mit wenigen Schaltelementen

aus und benötigt nur geringen Raum. Es handelt sich hier um eine sogenannte „Intervallschaltung“, bei der durch das Glied 1,2 K-Gl-C der Steuerstrom für das Einschalten etwa doppelt so groß wie jener für das Ausschalten wird. Dadurch wird vermieden, daß bei sehr langsamer Änderung der Leitfähigkeit des Steuerelementes (R_s) — z. B. bei langsamer Zunahme der Beleuchtung — in der Nähe des kritischen Schnellwertes ein unregelmäßiges Zünden der Röhre (Flackern) auftritt. Wenn also die Röhre durch Einschalten obigen Zündgliedes einmal gezündet hat, löscht sie erst bei höheren Widerstand des Steuerelementes R_s . Es entsteht so ein Intervall zwischen Ein- und Ausschalt-empfindlichkeit.

Bei dem Photoelement R_s handelt es sich um einen sogenannten Cadmiumsulfidwiderstand in Subminiaturausführung (Abb. 2), dessen Leitfähigkeit mit der Beleuchtung stark abnimmt (z. B. bei Dunkelheit $> 10 \Omega$; mit 10 lx belichtet nur etwa 20 ... 200 Ω). Diese Photowiderstände zeichnen sich durch hohe Lichtempfindlichkeit und Temperaturbeständigkeit aus und ergeben genügend hohe Steuerstromänderungen von einigen Mikroampere, um die robuste Kaltkathodenröhre ER 21 A (Abb. 4) voll aussteuern zu können. Diese Röhre ist bemerkenswert, da sie direkt mit Wechselspannung 220 V betrieben werden kann, wodurch der sonst nötige Gleichrichter oder Spannungsteiler gespart werden. Die weiteren Vorzüge dieser neuen Kaltkathoden-triode sind kurz: Wegfall der Heizung, damit praktisch keine Erwärmung, sowie sofortige und stete Betriebsbereitschaft. Sie zeichnet sich ferner aus durch hohe Konstanz der elektrischen Daten, hohe Impedanz und damit Steuermöglichkeit durch kleinste Ströme bis zu Mikroampere und eine hohe Stromverstärkung ($> 10^5$), die von keinem anderen Steuerelement in einer einzigen Stufe erreicht wird. Von Bedeutung ist auch die Unempfindlichkeit gegen kurzzeitige Überlastungen, die weitgehende Temperaturabhängigkeit im Bereich von $-30^\circ \text{C} \dots +80^\circ \text{C}$, und, da sie in den Betriebspausen nicht emittiert, eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer.

Bei dem elektromagnetischen Relais (R_e) der Typenreihe MR (Abb. 5) handelt es sich um eine besonders



Abb. 4. Kaltkathodenröhre (ER 21 A), Triode, für Betrieb mit Netzwechselspannung 220 V, Brennschaltung etwa 108 V, Starterzündspannung etwa 130 V, Kathodenstrom etwa 10 ... 40 mA, Steuerstrom etwa 1 μA . Novalausführung, Höhe rund 50 mm

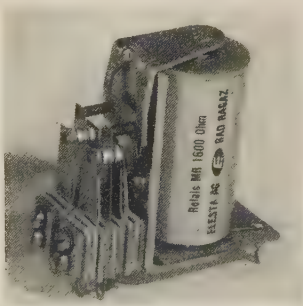


Abb. 5. Elektromechanisches Relais der Typenreihe MR mit oder ohne Verzögerungswicklung, für 1 600 Ω , 45 V=, Leistungsaufnahme etwa 3 W, maximale Kontaktbelastung 220 V/6 A

klimabeständige robuste Konstruktion, bei der auf reichliche Kriechwege und kurze Kontaktfedern für prellfreies Schalten geachtet wurde. Die Lebensdauer solcher Relais ist daher

mit mehr als $20 \cdot 10^6$ Schaltungen praktisch unbegrenzt. Sie werden für 2...6 Kontakte für 220 V~/6 A (ohmsche Last bzw. 3 A induktiv) gebaut. Das in dieser Schaltung verwendete Relais ist für 45 V=, 1 600 Ω , ohne Verzögerungswicklung, zu wählen. An Stelle dieser Wicklung, die bei Wechselstrom-Relaisröhren (wie ER 21 A) zur Vermeidung von Rasseln des Ankeraufzuges nötig ist, wurde hier ein elektrisches R-C-Verzögerungsglied vorgesehen, das mit etwa $R = 6 \dots 8 \Omega$, $C = 4 \mu F$, zu bemessen wäre. Solche Relais ohne Verzögerungswicklung weisen kleinere Dimensionen auf, die überall dort erwünscht sind, wo ein Einbau auf engstem Raum erfolgen soll, wie beispielsweise in der in

b) für Wechselstrom/Gleichstrom
(mit Drehmagnet-Meßwerk)

für 0,5 A ... 100 A
oder 1 V ... 600 V

c) mit Temperaturskala

als Temperaturregler mit Thermoelementen in °C-Eichung.

Meßinstrumente mit Photokontakten und Kaltkathodenröhren bieten zweifellos eine ideale Lösung für die verschiedensten Meß- und Kontrollaufgaben. Dank ihrer hohen Betriebssicherheit und langen Lebensdauer, auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen, stellen sie recht wertvolle Meß- und Steuerelemente dar.

Kaltkathodenröhren finden immer weitere Verbreitung, nicht nur für Lichtsteuerungen aller Art, wie Dämmerungsschalter, Lichtschranken, Ölfeuerungsautomaten usw., sondern auch als elektronische Zeitverzögerungsrelais (von 0,1 s ... 4 h) und Programmsteuerungen, ferner Schutzschaltungen bei feinen hochohmigen Kontakten, zur Niveauüberwachung in schwachleitenden Medien, wie auch für vielseitige Zähl- und Automatikaufgaben und zu Stabilisierungszwecken, um nur die wichtigsten zu nennen.

Kravaric & Co.,

Wien XXIII, Atzgersdorf
Breitenfurter Straße 274

DK 621.311.21 (946) : 382.6 (43-15)

Deutsche Großmaschinen für Australien

Auf Tasmanien, einer Insel südlich von Australien, sieht eine großzügige Energieplanung elf Wasserkraftwerke mit einer gesamten installierten Anlagenleistung von 920 MW vor. Das größte dieser Kraftwerke wird das Kavernenkraftwerk Poatina mit einer elektrischen Leistung von 375 MVA. Im Erstausbau sind vier Maschinensätze mit je 62,5 MVA in Auftrag gegeben.

Die Siemens-Schuckertwerke liefern für dieses Kraftwerk die vier Drehstrom-Synchron-Generatoren; die Turbinen werden von Boving, London, geliefert. Das Kraftwerk liegt etwa $5\frac{1}{2}$ Meilen nordöstlich des Great Lake in Zentral-Tasmanien. Es verarbeitet das Wasser des Great Lake und der Arthurs Lakes, die zusammen einen Speicherraum von 1,9 Milliarden m^3 aufweisen. Mittels eines Stollens durch die Great Western Tiers wird das Wasser aus dem Stauraum entnommen und durch eine oberirdisch verlegte Stahlrohrleitung bis über das Kraftwerk geführt. Von dort fällt es in einem Schacht senkrecht zu der unterirdischen Verteilrohrleitung ab. Die mittlere Fallhöhe beträgt 850 m. Das Kraftwerk entsteht in einer aus dem Felsen gesprengten Kaverne 160 m unter der Erdoberfläche und ist durch einen Tunnel erreichbar. Das abgearbeitete Wasser wird durch einen Freispiegelstollen zum Palmer River abgeleitet.

Die gewonnene elektrische Energie wird durch 110- und 220-kV-Leitungen übertragen. Sie dient hauptsächlich der Versorgung von Großabnehmern, wie chemische Industrie, Elektrolyse, Papierindustrie und für die Zugförderung.

Die Generatoren werden in senkrechter Bauform mit Micalastic-Isolation, Blechkettenläufern und mit einem oberen Trag- und Führungslager ausgeführt. Zur Lieferung der Siemens-Schuckertwerke gehören auch die Magnetverstärker-Spannungsregler, die Maschinenhaustafeln und die Maschinen-Eigenbedarfsanlagen.

Es handelt sich bei dieser Lieferung um den ersten Großauftrag, mit dem die Siemens-Schuckertwerke im Commonwealth of Australia Fuß fassen konnten. Die Generatoren verdienen von der konstruktiven Seite her besondere Beachtung, weil sie bei der geforderten Leistung und einer Durchgangsdrehzahl von 1020 U/min eine sehr hohe mechanische Beanspruchung aushalten müssen. Sie werden in Einzelteilen zu maximal 75 t verschifft (ein Generator wiegt rund 240 t) und erst am Aufstellungsort zusammengebaut.

Siemens-Schuckertwerke AG
Berlin - Erlangen



Abb. 6. Meßinstrument mit Photokontakt und eingebautem Kaltkathodenverstärker

Abb. 6 gezeigten Ausführung. Hier handelt es sich um ein Schalttafelinstrument „Minoreg“, bei dem die gesamte Verstärkeranordnung in das Instrumentengehäuse eingebaut wurde. Andere Hersteller beschränken sich wiederum darauf, lediglich die Photokontakte im Instrument einzubauen, während die zugehörigen Verstärker in einem separaten Gehäuse untergebracht werden.

Anwendungen

Meßinstrumente mit Photokontakt zeichnen sich nicht nur durch sehr einfachen Aufbau aus, sondern auch durch das Fehlen zusätzlich bewegter Teile, durch berührungslose Kontaktgabe und durch sofortiges Ansprechen beim Überschreiten der eingestellten Grenzwerte. Instrumente dieser Art übernehmen nicht nur die Funktion bisheriger Fallbügelregler, sondern sie finden, dank der sofortigen Anzeige, bevorzugte Anwendung als Minimum-Maximum-Instrumente, auch in der automatischen Kontrolle und Sortierung von Produkten oder zur laufenden Überwachung von Strömen und Spannungen. Instrumente mit zwei Photokontakten wurden u. a. auch zur Ofensteuerung verwendet, wobei z. B. der Ofen zunächst bis in die Nähe der gewünschten Maximaltemperatur gefahren wird, sodann ein Teil der Heizung durch den ersten Photokontakt zur Vermeidung von Übertemperaturen abgeschaltet und schließlich durch den zweiten Photokontakt auf Grenztemperatur geregelt wird. Speziell für Ofenregelungen mit Thermoelementen und Widerstandsthermometern mit sehr langsamen Bewegungen des Instrumentenzeigers erweist sich die Intervallschaltung nach Abb. 3 als zweckmäßig.

Lichtgesteuerte Regler können je nach Anforderung ausgeführt werden:

a) mit Gleichstrom-Meßwerk (Drehspul) für 2 μA ... 2 kA
mit 1 000 Ω/V Innenwiderstand für 20 mV ... 1 kV

Nachrichten des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees der IEC

DK 621.313 : 389.64 (100)

IEC-Publikation Nr. 34-1. Empfehlungen für elektrische Maschinen (ausgenommen Maschinen für Traktionsfahrzeuge). Sechste Ausgabe. 1960.

Die sechste Ausgabe der IEC-Publikation Nr. 34-1, die soeben erschienen ist, ersetzt die fünfte, 1953 veröffentlichte Ausgabe.

Die Empfehlungen, die in der Publikation Nr. 34-1 gegeben werden, finden Anwendung auf elektrische Maschinen ohne Begrenzung der Leistung oder der Spannung, ausgenommen sind Maschinen für Traktionsfahrzeuge, die durch die IEC-Publikationen Nr. 48, 101 und 102 erfaßt werden.

Die Publikation Nr. 34-1 beinhaltet folgende Abschnitte: Geltungsbereich, Benennungen, Nennbetrieb, Betriebsbedingungen, Temperaturerhöhung, dielektrische Prüfungen, Überstrom, Drehmomentüberschreitung, Stromwendungsprüfungen, Toleranzen, Leistungsschilder.

Die Abschnitte über Geltungsbereich, Betriebsbedingungen, dielektrische Prüfungen, Überstrom, Drehmomentüberschreitung, Stromwendungsprüfungen und Toleranzen bleiben in bezug auf die fünfte Ausgabe technisch unverändert. Einige Abänderungen werden in den Abschnitten „Benennungen“, „Nennbetrieb“ und „Leistungsschilder“ durchgeführt; die wesentlichsten Änderungen betreffen die Temperaturerhöhung. Dieser letztere Abschnitt wurde erweitert, um die neuen Isolierstoffklassen, die durch die IEC-Publikation Nr. 85 erfaßt werden, mit aufzunehmen.

Methoden zur Messung des Wirkungsgrades von Maschinen werden gesondert in der IEC-Publikation Nr. 34-2 gegeben.

Preis: sfr. 8,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

DK 621.397.62.083 : 389.64 (100)

IEC-Publikation Nr. 107. Empfohlene Meßmethoden für Fernsehempfänger. Erste Ausgabe. 1960.

Die IEC-Publikation Nr. 107, deren erste Ausgabe soeben veröffentlicht wurde, beschreibt Meßmethoden für die elektrischen, akustischen und optischen Eigenschaften von Fern-

sehempfängern, die für einfärbigen Bildempfang von 405, 525, 625 und 819 Zeilen von entweder negativer oder positiver Modulation und beigeordnetem amplituden- oder frequenzmoduliertem Tonkanal bestimmt sind. Zweck der Veröffentlichung ist es, eine Sammlung von ausgewählten Meßarten, die zum Abschätzen der wesentlichen Eigenschaften eines Empfängers unter Normalbedingungen empfohlen werden, zu bieten, so daß die Meßergebnisse von verschiedenen Laboratorien miteinander verglichen werden können.

Grenzwerte für die angeführten Charakteristiken werden nicht gegeben.

Die Publikation Nr. 107 beinhaltet folgende Abschnitte: *Allgemeines*;

Bild: Bildqualität, Empfindlichkeit, Störung, Wiedergabetreue, Bildstabilität, Ausstrahlung, Verschiedenes.

Ton: Allgemeines, Empfindlichkeit, Störung, Wiedergabetreue, nichtlineare Verzerrung, Verschiedenes.

Preis: sfr. 25,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

DK 003.62 : 621.3 : 389.64 (100)

IEC-Publikation Nr. 117-1. Empfohlene graphische Symbole. Teil 1: Stromart, Verteilungssysteme, Anschlußarten und Schaltelemente. Erste Ausgabe. 1960.

Die IEC-Publikation Nr. 117: Empfohlene graphische Symbole, ersetzt die früheren Publikationen Nr. 35 und Nr. 42 und befaßt sich mit graphischen Symbolen für die Stark- und Schwachstromtechnik. In der endgültigen Fassung wird die Publikation Nr. 117 Symbole für alle Zweige der Elektrotechnik beinhalten; um aber die Veröffentlichung der vorhandenen Abschnitte nicht zu verzögern, wird sie, nach Maßgabe der Genehmigung, in Teilen herausgebracht werden.

Die Publikation Nr. 117-1 beinhaltet 93 Symbole, die den ersten Teil bilden, der sich mit der Stromart, den Verteilungssystemen, den Anschlußarten und den Schaltelementen befaßt.

Preis: sfr. 6,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.



Mitteilungen der Elektrotechnischen Versuchsanstalt

Wien III, Arsenal-Objekt 221, Fernsprecher 65 36 66

Prüfgut:

Haushaltswaschmaschine

Aufschriften:

Carl Neff GmbH, Bretten/Baden
Type 5944 TL
Fabr. Nr. 5 H 00764
Nennspg. 220 V
Nennaufnahme 4,2 kW
Nennstrom 20 A
Frequenz 50 Hz



Beschreibung: Haushaltswaschmaschine gemäß Abbildung für Anschluß an festverlegte Leitungen 3P+E mit Umschaltmöglichkeit für 2- und 3phasigen Anschluß für 220 V Wechselstrom, 4,2 kW. Gehäuse aus weiß lackiertem Stahl-

blech, Antrieb der Trommel über Keilriemen durch Kondensatormotor. Elektroheizung im Bottichboden. Zeitschalter und Thermostat an der Vorderseite des Gerätes.

Antragsteller: Wiener Verkaufsbüro der Neffwerke, Wien I, Opernringhof 1.

Erzeuger: Neff-Werke, Dr. A. Neff KG, Bretten, Westfalen, BRD.

ETVA-Prüfbericht: P.A.Nr. 01462 vom 16. Sept. 1959.

Prüfergebnis: Die Haushaltswaschmaschine hat die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

Sicherheitszeichen Nr.: 44-N.001.2/2 vom 17. Sept. 1959.

Geräte in dieser Ausführung tragen das österreichische Sicherheitszeichen und werden periodisch nachgeprüft.



**Prüfgut:****Haushaltwaschmaschine****Aufschriften:**

Carl Neff GmbH

Type 5924 TL Fabr. Nr. 5 H 01108

Nennspg. 220 V, Nennaufnahme 2,2 kW

Nennstrom 10 A, Frequenz 50 Hz

Motor: 0,125 kW. Nur für Wechselstrom

Heizkörper 2,0 kW

Beschreibung: Haushalttrommelwaschmaschine gemäß Abbildung mit fester Anschlußleitung (2 P + E, Geräteklasse I) mit Schutzkontaktstecker für 220 V Wechselstrom, 2,2 kW. Weiß emailliertes Stahlblechgehäuse. Trommelantrieb über Keilriemengetriebe durch Einphasenkondensatormotor, Rechts- und Linkslauf. Im Boden des Waschbottichs Elektroheizung. Zeitschalter und Thermostat an der Vorderseite des Gerätes.

Antragsteller: Wiener Verkaufsbüro der Neffwerke, Wien I, Opernringhof 1.

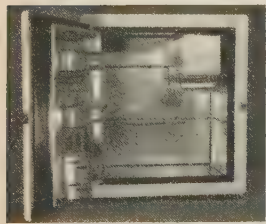
Erzeuger: Neff-Werke, Dr. A. Neff KG, Bretten, Westfalen, BRD.

ETVA-Prüfbericht: P. A. Nr. 01462 a vom 16. Sept. 1959.

Prüfergebnis: Die Haushaltwaschmaschine hat die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

Sicherheitszeichen Nr.: 44-N.001.2/1 vom 17. Sept. 1959.

Geräte in dieser Ausführung tragen das österreichische Sicherheitszeichen und werden periodisch nachgeprüft.

**Prüfgut:****Haushaltkühlschrank****Aufschriften:**

SIBIR

Kältemittel NH 3

Absorption

Nr. G.30687

Volt 220 ~ Watt 80

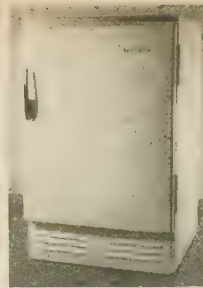
Beschreibung: Absorptionskühlschrank für 220 V Wechselstrom, Anschlußwert 80 W. Aufbau: Weißlackiertes Kastengehäuse mit den Abmessungen 52,5 × 57,5 × 48,5 cm. Kühlraum mit Leichtmetallwandungen, Innenmaße 42,5 × 47 × 30 cm. Verstellbarer Temperaturregler (zugleich Ausschalter) mit den Stellungen AUS—1—2—3—4—5—6—7—max. Ausstattung: 2 Verstellgitter, Eisschale, Türinnenseite mit Aufnahmebehältern. Netzanschluß: Festangeschlossene leichte Thermoplastmantelleitung mit Schutzkontaktstecker (2 P + E).

Antragsteller: Josef Kaindl, Wien VII, Kaiserstr. 113—115.

Erzeuger: Kühlapparate G. m. b. H., „SIBIR“, Schlieren, Wiesenstraße.

ETVA-Prüfbericht: P. A. Nr. 00927 vom 22. Mai 1958.

Prüfergebnis: Der Haushaltkühlschrank hat die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

**Prüfgut:****Haushaltkühlschrank****Aufschriften:**

WIESER

Volt 220

Watt 115

Type 80

Nr. 1 741

Beschreibung: Absorptionskühlschrank für 220 V ~, Anschlußwert 115 W, Bruttoinhalt 81 l. Aufbau: Weißlackiertes Stahlblechgehäuse mit den Abmessungen 54,5 × 53,5 × 86 cm. Innenwände aus Kunststoff; Innenmaße: 44,0 × 32 × 57,0 cm, Türinnenseite mit Aufnahmebehältern. Kühlaggregat an der Geräterückseite. Verstellbarer Temperaturregler mit Ausschalter, Türschalter für Innenbeleuchtung. Anschluß ans Netz durch festangeschlossene leichte Kunststoffmantelleitung mit Schutzkontaktstecker.

Antragsteller: Firma Dipl.-Ing. Franz Wieser, Wien XX, Handelskai 52.

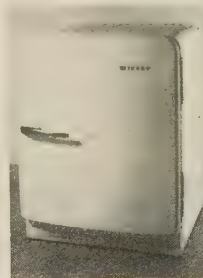
Erzeuger: wie Antragsteller.

ETVA-Prüfbericht: P. A. Nr. 01482 v. 26. November 1959.

Prüfergebnis: Der Absorptionskühlschrank hat die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

Sicherheitszeichen Nr.: 45-W.001.4/1 v. 27. Nov. 1959.

Geräte in dieser Ausführung tragen das österreichische Sicherheitszeichen und werden periodisch nachgeprüft.

**Prüfgut:****Haushaltkühlschrank****Aufschriften:**

WIESER

Volt 220

Watt 100

Type 50

Nr. 11 849

Beschreibung: Absorptionskühlschrank für 220 V ~, Anschlußwert 100 W, Bruttoinhalt 51 l. Aufbau: Weißlackiertes Stahlblechgehäuse mit den Abmessungen 50 × 52,5 × 65 cm. Innenwände aus Kunststoff; Innenmaße: 37,5 × 28 × 43,5 cm, Türinnenseite mit Aufnahmebehältern. Kühlaggregat an der Geräterückseite. Verstellbarer Temperaturregler mit Ausschalter, Türschalter für Innenbeleuchtung. Anschluß ans Netz durch festangeschlossene leichte Kunststoffmantelleitung mit Schutzkontaktstecker (2 P + E).

Antragsteller: Firma Dipl.-Ing. Franz Wieser, Wien XX, Handelskai 52.

Erzeuger: wie Antragsteller.

ETVA-Prüfbericht: P. A. Nr. 01481 v. 26. November 1959.

Prüfergebnis: Der Absorptionskühlschrank hat die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

Sicherheitszeichen Nr.: 45-W.001.4 v. 27. November 1959.

Geräte in dieser Ausführung tragen das österreichische Sicherheitszeichen und werden periodisch nachgeprüft.



Prüfgut:

Einbau-Kondensatoren für Leuchtstofflampen in runder Al-Hülse mit Kunstharzverguß.

Type	Verwendung	Nennspannung	Abmessungen	Sicherheitszeichen Nr.
Ko 3121	für Einzel-schaltung	250 V, 50 Hz 2,5 μ F	35 $\phi \times$ 65 mm	47-K.002.7/3
Ko 3265	für Einzel-schaltung	250 V, 50 Hz 4,5 μ F	35 $\phi \times$ 82 mm	47-K.002.1/10
Ko 3264	für Duo-schaltung	390 V, 50 Hz 2,7 μ F	35 $\phi \times$ 122 mm	47-K.002.5/3
Ko 3138	für Duo-schaltung	350 V, 50 Hz 3,7 μ F	38 $\phi \times$ 112 mm	47-K.002.5/4
Ko 3262	für Duo-schaltung	390 V, 50 Hz 3,8 μ F	35 $\phi \times$ 142 mm	47-K.002.5/5

Antragsteller: Kapsch & Söhne, Wien XII, Wagenseil-gasse 1.

Erzeuger: wie Antragsteller.

ETVA-Prüfbericht: P.A.Nr. 01140 vom 25. August 1958.

Prüfergebnis: Die Leuchtstofflampenkondensatoren haben die Prüfung nach den derzeit in Österreich geltenden elek-trotechnischen Sicherheitsvorschriften bestanden.

Sicherheitszeichen: vom 26. August 1958.

Geräte in dieser Ausführung tragen das österreichische Sicherheitszeichen und werden periodisch nachgeprüft.



Persönliches

Viktor Frisch — 65 Jahre

DK 621.311.2.007.1 : 92 Frisch

Generaldirektor Dipl.-Ing. VIKTOR FRISCH wurde am 2. Mai 1895 in Wien geboren. Er studierte an der Tech-nischen Hochschule in Wien und wurde im 1. Weltkrieg als Offizier im Infanterie-Regiment Nr. 49 mehrfach ausgezeichnet. Da-nach war der Jubilar viele Jahre bei den Wiener Städtischen Elek-trizitätswerken, zuletzt als Vize-direktor, tätig. Anschließend hatte er eine führende Position bei den Brown-Boveri-Werken in Mann-heim inne und wurde schließlich 1946 als technischer Direktor und Vorstandsmitglied der Oberöster-reichischen Kraftwerke AG (OKA) nach Oberösterreich berufen.

Generaldirektor Frisch nahm maßgeblich Anteil an dem Bau der Ennskraftwerke Staning, Mühl-rading und Großbraming, ebenso an dem Umbau des Kraftwerkes Rana zu einem Pumpspeicherwerk so-wie an dem Zustandekommen der Schachtpumpenanlage am Gosausee.

Außer diesen Großbauten wid-mete Generaldirektor Frisch seine Aufmerksamkeit der Modernisie-rung aller Anlagen der Oberösterreichischen Kraftwerke AG in Oberösterreich und Salzburg, er ließ zahlreiche Netzver-stärkungen durchführen und veranlaßte den Bau vieler

Transformatorstationen u. a. m. Außerdem setzte er sich sehr für die Elektrifizierung der Bergbauernhöfe ein.

Seine fachmännischen Kenntnisse stellt Generaldirektor Frisch nicht nur seinem Unterneh-men zur Verfügung, sondern auch der Salzburger Aktiengesellschaft für Elektrizitätswirtschaft (SAFE), bei der er Vizepräsident des Auf-sichtsrates ist. Der Jubilar ist eben-so Aufsichtsrat der Ennskraftwerke AG, der Donaukraftwerke Jochen-stein AG und der ESC, Linz.

Darüber hinaus ist General-direktor Frisch seit 1957 Vizepräsi-dent des Österreichischen Verban-des für Elektrotechnik (Elektro-technischer Verein Österreichs) und Präsident des Berufsverbandes der Technik sowie einer der Haupt-initiatoren und -förderer für den Bau des jetzt seiner Vollendung entgegengehenden „Hauses der Technik“ in Linz.

Ob seiner hohen Fähigkeiten, seiner Konzilianz und seiner Lau-terkeit erfreut sich Generaldirektor Dipl.-Ing. Frisch sowohl innerhalb

der Oberösterreichischen Kraftwerke AG als auch in allen Verbänden und Gesellschaftskreisen uneingeschränkter Ach-tung und Beliebtheit.



Nachruf

DK 621.791.75.007 : 92 Gross

Hans Gross †

Als am 20. Februar 1960 Herr Dipl.-Ing. HANS GROSS seine Augen für immer schloß, war damit ein Mann von uns gegangen, dessen Lebensarbeit zum überwiegenden Teil der Schweißtechnik gewidmet war.

Am 28. Januar 1886 in Wien geboren, wandte sich der Verstorbene nach Absolvierung des Gymnasiums dem Maschinenbau- und Elektrotechnikstudium zu, das er — aus dem ersten Weltkrieg als Hauptmann zurückgekehrt — im Jahre 1919 an der Technischen Hochschule in Wien beendete.

Nach mehrjähriger Tätigkeit als leitender Ingenieur bei der Projektierung und Montageführung von Hoch- und Nie-

derspannungsanlagen trat er im Jahre 1927 in die Dienste der heutigen Wiener Elektrizitätswerke. Sein neues Betä-tigungsfeld als technischer Berater und Verkaufingenieur er-hielt in den folgenden Jahren eine wesentliche Ausweitung, als er sich entschloß, die damals schon in voller Entwicklung stehende elektrische Lichtbogenschweißung zu seinem Spe-zialgebiet zu machen. Er befaßte sich als Leiter der neu-geschaffenen Schweißtechnischen Abteilung nicht nur mit der Organisation bzw. Abhaltung von Elektroschweißlehr-gängen, sondern auch mit den mannigfaltigsten schweißtech-nischen Problemen, deren Lösung ihm schon bald den Ruf eines hochgeachteten Fachmannes für das gesamte Gebiet der Elektroschweißung eintrug.

Nach Übernahme der bis dahin in den Werkstätten der Wiener Elektrizitätswerke durchgeführten Kurse für elek-trisches Lichtbogenschweißen durch die Schweißtechnische

Zentralanstalt im Jahre 1949 stellte der Verstorbene nunmehr dieser Anstalt seine großen Erfahrungen zur Verfügung und machte sich bei der Aufstellung und Vereinheitlichung entsprechender Lehrpläne sehr verdient. Als Vortragender und Prüfungskommissär war Dipl.-Ing. Gross im gesamten Bundesgebiet eine hochgeachtete Persönlichkeit, ebenso als Fachkonsulent an der Schweißtechnischen Zentralanstalt sowie bei der Österreichischen Gesellschaft für Schweißtechnik. In seiner Eigenschaft als Mitglied des Österreichischen Normenausschusses betätigte er sich auch mehrere Jahre bei der Schaffung neuer schweißtechnischer Normen.

Die Fachwelt verliert in Dipl.-Ing. Gross einen ihrer begeistertsten Pioniere, der sich um die Einführung und Ausbreitung des elektrischen Lichtbogenschweißens in unserem Lande unschätzbare Verdienste erworben hat. Alle, die diesen bescheidenen und gütigen Menschen gekannt haben, werden ihm ein bleibendes, ehrendes Andenken zu bewahren wissen. Vor allem aber wird sein Wirken in Tausenden seiner ehemaligen Schüler fortleben, denen er die Liebe zum Beruf mitgab, die Liebe zur Schweißtechnik, der auch er bis zum Lebensende aufopfernd und selbstlos gedient hat.

G. CZESANY

Mitteilungen

60 Jahre Ungarischer Elektrotechnischer Verein

Der Ungarische Elektrotechnische Verein feiert im Jahre 1960 den 60. Jahrestag seines Bestehens. Aus diesem Anlaß veranstaltet er vom 20. bis 26. Oktober 1960 eine Jubiläumstagung und Generalversammlung mit dem nachstehenden Programm:

20./21. Oktober 1960: Technisch-Wissenschaftliche Konferenz mit dem Titel: Die Kooperation der verschiedenen Industriezweige im Dienste der technischen Entwicklung von Einrichtungen, welche der Erzeugung, Verteilung und dem Verbrauch der elektrischen Energie dienen.

22. Oktober 1960: Feierliche Jubiläums-Generalversammlung.

24. bis 26. Oktober 1960: Eine Reihe technisch-wissenschaftlicher Vorträge, die aus den Vorträgen ausgewählt werden, welche über die nachstehend angeführten Themen eingesandt werden:

1. Automatisierung in der elektroenergetischen Industrie im Interesse der wirtschaftlichen und sicheren Betriebsführung.

2. Die Anwendung von Halbleitern in der Starkstromindustrie.

3. Berührungsschutz von elektrischen Verbraucheranlagen.

Die Vorträge wird der Ungarische Elektrotechnische Verein schon vorher herausgeben und den Teilnehmern der Jubiläumstagung zur Verfügung stellen. Die Verfasser der Vorträge werden den Inhalt ihrer Vorträge nur kurz zusammenfassen. Anschließend erfolgt eine Diskussion. Für die ausländischen Gäste werden aus den Vorträgen der technisch-wissenschaftlichen Vortragsreihe kurze Auszüge in deutscher, französischer und russischer Sprache angefertigt.

Es wird im Interesse einer repräsentativen Vertretung Österreichs gebeten, Vorträge bis spätestens 1. Juli und Diskussionsbeiträge bis 1. September 1960 in deutscher Sprache einzusenden.

Anmeldungen von Interessenten bitten wir an den Österreichischen Verband für Elektrotechnik (Elektrotechnischer Verein Österreichs), Wien I, Eschenbachgasse 9, Fernruf: 57 63 73 Serie, zu richten. Auskünfte über die nähere Detaillierung der genannten Vortragsthemen können ebenfalls vom ÖVE gegeben werden.

II. Staatsprüfung aus Elektrotechnik

Folgende Herren haben im Frühjahr 1960 die II. Staatsprüfung aus Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in Wien abgelegt:

Starkstrom:

Franz Erhard,
Fuchs Robert,
Haller Hubert,
Kadletz Heinrich,
Klimpfinger Wilfried,
Pfann Peter,
Röszler Karl,
Rosenmayr Dietmar,
Ruith Rudolf,
Stock Karl,
Weinmann Alexander.

Schwachstrom:

Buric Erwin,
Hausenblas Albin,
Kretz Hans,
Kuhnle Herbert,
Sesnic Stjepko,
Strehl Rainer,
Thim Hartwig.

Internationale Kunststoffausstellung 1961 in Vorbereitung

Die 6. Internationale Kunststoffausstellung und Konferenz, INTERPLAS 61, wird vom 21. Juni bis 1. Juli 1961 in der Londoner Ausstellungshalle Olympia abgehalten werden.

Es liegen bereits so viele Anmeldungen von neuen Ausstellern vor, daß die Vorführfläche auf mehr als 26 700 m² erweitert werden mußte. Angesichts der starken Nachfrage ist es ratsam, so bald wie möglich Stände reservieren zu lassen.

Die Ausstellung wird von der vom Iliffe-Verlag herausgegebenen Zeitschrift „British Plastics“ veranstaltet und umfaßt alle Aspekte der Kunststoffindustrie — Rohstoffe und Halbfertigmaterial, Fertigwaren, Teile für die Kunststoffindustrie und Verarbeitungsmaschinen sowie Zubehör. Alle Länder, die über eine Kunststoffindustrie verfügen, dürfen Ausstellungsobjekte der verschiedenen Kategorien in London vorführen, denn jede Firma, gleich welcher Nation, kann ihre Erzeugnisse auf der INTERPLAS 61 ausstellen.

Auf der letzten Internationalen Kunststoffausstellung, die im Juni 1959 im Olympiabau abgehalten wurde, wurden über 100 000 Besucher gezählt, darunter 9 000 Ausländer aus insgesamt 81 Ländern. Die mehr als 300 Aussteller kamen aus Deutschland, Frankreich, Holland, Italien, den USA und dem Vereinigten Königreich.

Nähere Auskunft über die INTERPLAS 61 erhalten Sie vom Organisationsleiter JOHN L. WOOD, Dorset House, Stamford Street, London, S. E. 1, England.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. Herbert Stephanides, c/o Micafil AG, Zürich-Altstetten, Badenerstraße 780.

Dr. Ernst Arthur Otto, c/o Siemens-Schuckertwerke AG, Technische Stammabteilung Entwicklung, (13a) Nürnberg, Katzwangerstraße 50.

DKS

Draht- und Kabelwerk Sichtermann G. m. b. H.

Isolierte Leitungen und Kabel für feste Verlegung und zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher

Wien XXIII, Inzersdorf, Kinskygasse 16 — 30
Telefon 64 13 41, 64 13 42, 64 22 06

Elektrotechniker

30 Jahre, Österr., verheir., in ungek. Stellung, mit 10jähr. Ing.-Praxis im Schaltanlagenbau (Planung und Konstruktion kompl. Zentralen, Umspannwerke; spez. Freiluft-Großprojekte) wünscht sich zu verändern und **sucht** verantwortungsvolle, betriebsverbundene Dauerstelle innerhalb der Österr. EVU. Wohnung müßte gesichert sein, da Bewerber derzeit im Ausland tätig.

Angebote erbeten unter Chiffre „EM 8268“ an den Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5.

Motorkondensatoren



für Einphasen-Kondensatormotoren und für Anschluß von Drehstrommotoren an das Einphasennetz

Kondensatoren
für Leuchtstoffröhren
Niederspannungs-Blindstrom-Kondensatoren

Kondensatorenfabrik

Dr. KÖNIG & Co.

Wien VII, Kaiserstraße 46 Tel. 44 63 94

Stromschalter (10A 380V~) • Thermostate

Relais • Fein- und Zeitrelais • elektronische Zeitrelais • Lichtschranken
Optische und ionische
Flammenwächter



Dipl.-Ing. Hans Schiebel

Elektro-Apparatebau

Wien 5 • Kriehubergasse 9 • Tel. 65 06 41

Pionier der Zukunft
seit 75 Jahren

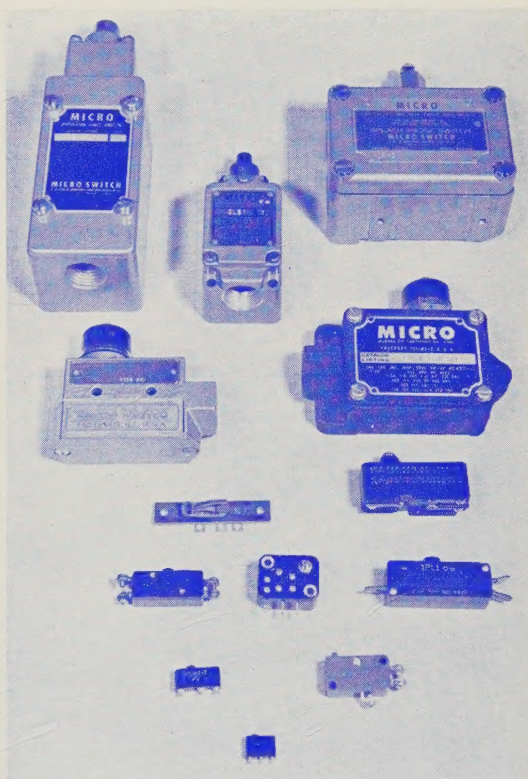


MICRO SWITCH

... mehr als 9000 Typen dieser Präzisions-Schalter stehen für die verschiedensten Anwendungen zur Verfügung.

... unbedingte Zuverlässigkeit, große Lebensdauer, höchste Schaltgenauigkeit begründen die hervorragende Qualität des Original MICRO SWITCH.

Vom größten ...



... bis zum kleinsten

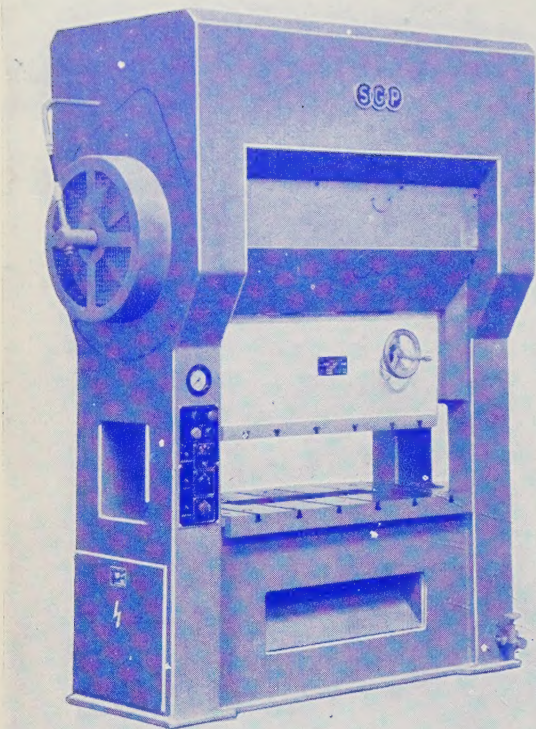
Original MICRO SWITCH-Qualität

Verlangen Sie genaue Unterlagen! Lassen Sie sich von unseren Fachleuten unverbindlich beraten. Wir sind so nahe wie ihr Telefon!

Honeywell

Gesellschaft m. b. H.

Wien IV, Favoritenstraße 42, Telefon 65 36 48 Serie
Büro Innsbruck, Defreggerstraße 8, Tel. (05 222) 92 9 88



Wir bauen und liefern u. a.:

Blechbearbeitungsmaschinen

Exzenterpressen

Hydraulische und ölhydraulische Preßanlagen

Zerkleinerungsanlagen für Hütten, Gaswerke und Bergbau

Ziegeleimaschinen

130jährige Erfahrung und Praxis formen unsere Erzeugnisse

SGP = ein Begriff für Güte und Präzision!

Doppelständerpresse PEZZ 50/1250

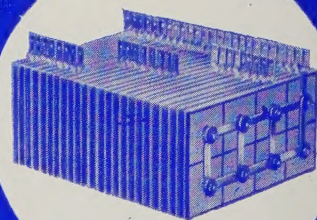
SIMMERING-GRAZ-PAUKER A. G.

Zentralverwaltung: WIEN VII, Mariahilferstraße 32

Fernruf: 45 76 61 Serie, Fernschreiber Nr. 01 2767



GLEICHRICHTER

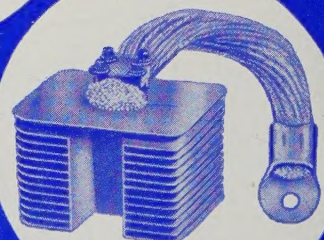


SELENGLEICHRICHTER



SILIZIUMGLEICHRICHTER

SYSTEME



GERMANIUMGLEICHRICHTER

ANLAGEN

SCHRACK